

Editor de preguntas con evaluación difusa

Question editor with fuzzy evaluation

Yanirys Martí, Yuneisy Jiménez, Maikel León*, Yanet Rodríguez y Zenaida García

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

mle@uclv.edu.cu

Resumen

El proceso de evaluación que generalmente se desarrolla en los editores de preguntas en los Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes se caracteriza por ser poco flexible. La aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial utilizando la lógica difusa puede acercar este proceso a como lo hace un experto humano, ofreciéndole al profesor la posibilidad de definir su propio sistema de evaluación para un Sistema de Enseñanza- Aprendizaje Inteligente determinado. Se presenta un editor de preguntas con evaluación difusa, denominado EPED, que puede formar parte de un Sistema de Enseñanza-Aprendizaje Inteligente, permitiendo a expertos no especialistas en computación crear tópicos y preguntas que aborden contenidos de cualquier especialidad y nivel de enseñanza. Utilizando la teoría de la lógica difusa se define un modelo para la evaluación del estudiante, que se basa en términos lingüísticos utilizados en la evaluación de tópicos y preguntas, en lugar de la evaluación cualitativa o cuantitativa que tradicionalmente utiliza el profesor.

Palabras clave: Editor de Preguntas, Lógica Difusa, Sistema de Enseñanza-Aprendizaje Inteligente.

Abstract

The evaluation process generally developed in the question editors for the evaluation of the Intelligent Teaching-Learning Systems is characterized by its low flexibility. The application of both Artificial Intelligent techniques and fuzzy logic can make this process more closely related to the procedures that would be followed by a human expert, offering the teacher the possibility of defining their own evaluation system for a given Intelligent Teaching-Learning System. This work presents a question editor with fuzzy evaluation, called EPED, which may form part of an Intelligent Teaching-Learning System. It allows experts who are not computer specialists to create topics and questions about contents of any specialty and level of education. Additionally, a model for student evaluation using fuzzy logic theory, which uses linguistic terms instead of qualitative and quantitative evaluation traditionally used by the professor, is defined.

Key words: *Question Editor, Fuzzy Logia, Intelligent Teaching-Learning System.*

Introducción

En ocasiones los profesores ofrecen consultas a sus estudiantes para que profundicen en algunos contenidos. El uso de la computación puede ayudar en este propósito, por lo que resulta conveniente disponer de una herramienta que facilite la elaboración de preguntas que puedan ser contestadas por los estudiantes en la computadora y que esta pueda ofrecer un diagnóstico comportándose lo más cercano posible a un profesor real. Los Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes (SEAI) constituyen un grupo de aplicaciones de enseñanza que promueven un aprendizaje individual y flexible basado en el conocimiento y comportamiento del usuario. Están diseñados para apoyar el proceso educativo, donde se tiene en cuenta quién es el que enseña y quién es el que aprende con el propósito de alcanzar determinados objetivos (García, 1993). Para elaborar un SEAI es necesario diseñar e implementar preguntas que permitan captar el estado cognitivo de un estudiante. Si bien todo profesor es capaz de concebir preguntas, aquellos que no son especialistas en computación probablemente no lograrán implementarlas en

un sistema computacional. Para facilitar el trabajo de los profesores y ofrecerles la oportunidad a todos por igual de elaborar un SEAI, surge entonces la idea de confeccionar un editor con este fin (León, 2007).

Los editores de preguntas son programas que en mayor o menor medida facilitan la interacción de los estudiantes con un sistema de enseñanza. Constituyen en la actualidad una de las herramientas más utilizadas en los SEAI. Pretenden que, a partir de informaciones y mediante la realización de ciertas actividades previstas de antemano, los estudiantes pongan en juego determinadas capacidades y aprendan o refuercen conocimientos y/o habilidades. Se basan en la comparación de las respuestas de los estudiantes con los patrones que tienen como correctos, guían el aprendizaje de los estudiantes y facilitan la realización de prácticas rutinarias y su evaluación; en algunos casos una evaluación negativa genera una nueva serie de ejercicios de repaso.

El diagnóstico es sin duda uno de los procesos más importantes dentro de cualquier SEAI, de la calidad del modelo del estudiante dependerá la capacidad de adaptación del sistema. Desgraciadamente, no siempre se le presta la atención que merece, dado que el gran esfuerzo que supone desarrollar un SEAI hace que a menudo el problema del modelo del estudiante se resuelva mediante la aplicación de heurísticas diseñadas a tal fin. Pero la falta de consistencia de dichas heurísticas hace que el comportamiento del sistema sea impredecible, sobre todo en situaciones diferentes a las inicialmente previstas por sus diseñadores. Es por ello que pese al esfuerzo adicional que supone, merece la pena utilizar teorías bien fundamentadas y ampliamente comprobadas que garanticen el funcionamiento óptimo del sistema en todas las situaciones posibles, en concreto, se propone el uso de la lógica difusa como marco teórico, el cual proporciona una forma natural y efectiva para el desarrollo de sistemas computacionales de apoyo educacional (Kolodner, 1992).

La lógica difusa es aquella que utiliza expresiones que no son ni totalmente ciertas ni completamente falsas, como las que se utilizan en la comunicación cotidiana (Chiang and Lin, 1999). Cuando se hacen enunciados tales como “Juan obtuvo una calificación de bien” o “la evaluación de Pedro es regular”, que todos entienden con claridad, se utilizan conceptos cuya definición, si se pretende que sea entendida por una computadora, acarrea una serie de problemas inherentes al hecho de que tanto "bien" como "regular" son conceptos relativos. Siempre se está "bien" en un diagnóstico o "regular" con relación a algo que no se puede expresar mediante una definición clara; por ejemplo, se supone que los estudiantes que obtienen bien son los que superan una calificación de 95 puntos, se puede concluir, de manera errónea, que un estudiante que obtuvo 94 puntos está regular.

Resulta conveniente desarrollar un editor de preguntas para Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes utilizando lógica difusa en la modelación de la evaluación, que permita que esta se realice de una forma más natural y cercana posible al diagnóstico real ofrecido por un profesor.

Sistemas de enseñanza-aprendizaje inteligentes

La aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) en la Educación, constituye actualmente un campo de creciente interés donde se tratan, fundamentalmente, de aplicar las técnicas de la IA al desarrollo de sistemas de enseñanza asistida por computadora con el propósito de construir Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes. Seymour Papert y Marvin Minsky consideraron las ideas de la ciencia de la computación no sólo como instrumento de explicación del modo en que de hecho funciona el aprendizaje y el pensamiento, sino también como instrumento de cambio que podría alterar y posiblemente mejorar la manera en que las personas aprenden y piensan (Seymour, 1981). En esta área de investigación trabajan investigadores de diversos campos, principalmente de la Pedagogía, Psicología, Ciencias Cognitivas, IA, Multimedia e Informática en general, donde cada uno de ellos aporta su visión al desarrollo de la disciplina. Las raíces de la instrucción asistida por computadoras se encuentran a finales de los años 50 en las grandes universidades americanas. Un ejemplo de estos trabajos iniciales es el proyecto PLATO de la universidad de Illinois en EEUU. Con el advenimiento de los microordenadores, a finales de los 70, estos sistemas se extendieron a las pequeñas universidades adquiriendo la denominación de CBT (Computer Based Training). Paralelamente, en el área de la IA se comenzaron a construir CBT que intentaban simular el razonamiento o lógica humana. Los Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje

Inteligentes constituyen una vía para el empleo de las técnicas de IA en la enseñanza-aprendizaje. Se propone el uso de estos a fin de mejorar la interacción del estilo de enseñanza del profesor y las preferencias de aprendizaje de los estudiantes.

Editores de preguntas

Para facilitar la tarea de los profesores en el momento de confeccionar un SEAI son utilizados los editores de preguntas. Estos constituyen uno de los elementos importantes en el desarrollo del Software Educativo. En la actualidad son muchos los editores de preguntas que se han confeccionado con el objetivo de proporcionar una forma fácil y dinámica de dirigir el aprendizaje de los estudiantes. Algunos resultados interesantes de la consulta a la literatura científica referente al tema se muestran a continuación:

Questionmark™ Perception™: Aplicación basada en Windows que provee un entorno eficaz para la creación y publicación de preguntas, evaluaciones y la administración de contenido de asistencia. Con este sistema los diseñadores de programas de educación y expertos en contenido pueden crear preguntas y organizarlas en evaluaciones, pruebas, concursos de preguntas y respuestas, exámenes y encuestas.

Exámenes 2.0: Programa para Windows 95, que permite crear exámenes tipo test, totalmente distintos entre sí, de forma automática, y corregirlos posteriormente mediante escaneado o introducción de datos por teclado o ratón.

iGiveTest v2: Solución integral para crear, administrar y analizar minuciosamente los tests a través de Internet e Intranet. El programa representa la manera rápida y profesional de crear y organizar tests para los empleados, estudiantes o personas que está estudiando o pasando un curso de prácticas. Con la ayuda de iGiveTest v2 se puede hacer diversas preguntas (Verdadero o Falso, Selección Múltiple, respuesta corta, composición, preguntas que tienen más de una respuesta correcta). Puede elegir la evaluación de cada pregunta (por ejemplo, 2 puntos por una respuesta correcta, 0.5 puntos por una respuesta parcialmente correcta y 0 por una respuesta incorrecta); también ofrece la posibilidad de crear test psicológicos, pruebas y todo tipo de cuestionarios donde normalmente no hay respuestas correctas o incorrectas.

WebQuestions 2.0: Programa que de una forma muy sencilla permite elaborar cuestionarios interactivos en forma de páginas Web sin tener conocimientos de programación.

Avaluator 3.0: Está diseñado para evaluar estudiantes en los diferentes centros educativos. Es un programa que consta de dos aplicaciones: Un editor pensado para formular las preguntas de un control y un programa que pregunta y evalúa los contenidos formulados por el editor.

Los software anteriores se caracterizan por evaluar mediante variables discretas, continuas o heurísticas especificadas. Los resultados que se obtienen mediante estos sistemas de evaluación son poco flexibles.

La evaluación basada en términos lingüísticos

Considérese un atributo que se refiere a la nota de un estudiante, y para hacer referencia a los resultados generalmente se habla de estudiantes evaluados satisfactoriamente (aprobados) y los que no obtuvieron resultados satisfactorios (desaprobados). Sea A el conjunto de los estudiantes con “resultados satisfactorios”, que se refiere a aquellos que tienen en el atributo nota un valor igual o mayor a 60, sea x un estudiante:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \text{ es aprobado} \\ 0 & \text{si } x \text{ es desaprobado} \end{cases}$$

si el estudiante tiene una nota igual o mayor que 60 (o sea pertenece al conjunto A) y en caso contrario.

De esta manera el conjunto de estudiantes “aprobados” o con “resultados satisfactorios” queda definido de forma imprecisa o vaga, porque no es lo mismo decir que tiene resultados satisfactorios un estudiante con nota de 60 puntos que aquel que obtuvo 90 puntos.

La lógica difusa es un tipo de lógica que reconoce una gama de valores más allá que simples valores de verdadero o falso. Con ella las proposiciones pueden ser representadas con grados de veracidad o falsedad. Por ejemplo, la sentencia “hoy es un día soleado”, puede ser 100% verdad si no hay nubes, 80% verdad si hay pocas nubes, 50% verdad si existe neblina y 0% si llueve

todo el día. Es entonces posible con la lógica difusa gobernar un sistema por medio de reglas de “sentido común” las cuales se refieren a cantidades indefinidas.

Se define entonces la lógica difusa como un sistema matemático que modela funciones no lineales, convirtiendo las entradas en salidas acordes con los planteamientos lógicos que usan el razonamiento aproximado (Klir and B., 1995). En cierto nivel, puede ser vista como un lenguaje que permite trasladar sentencias sofisticadas en lenguaje natural a un lenguaje matemático formal. Mientras la motivación original fue ayudar a manejar aspectos imprecisos del mundo real, la práctica temprana de la lógica difusa permitió el desarrollo de aplicaciones prácticas (Morales, 2002).

La idea de los conjuntos difusos (Zadeh, 1965) viene de la siguiente observación: las clases de objetos en la vida diaria no tienen límites bien definidos. De allí que la fuente de imprecisión sea la ausencia de criterios definidos rigurosamente sobre la pertenencias a clases, en lugar de la presencia de variables aleatorias. La noción de conjuntos difusos es completamente de naturaleza no estadística. El gráfico de la figura 1 que muestra los conceptos relacionados con la lógica difusa. En esta figura aparecen tres conjuntos difusos sobre la variable lingüística (Zadeh, 1975) evaluación, cuyos valores lingüísticos asociados son “Mal”, “Regular” y “Bien” respectivamente. Además debe tenerse en cuenta que para la construcción de las funciones de pertenencias se debe realizar considerando el criterio de Suma-Cero (partición difusa).

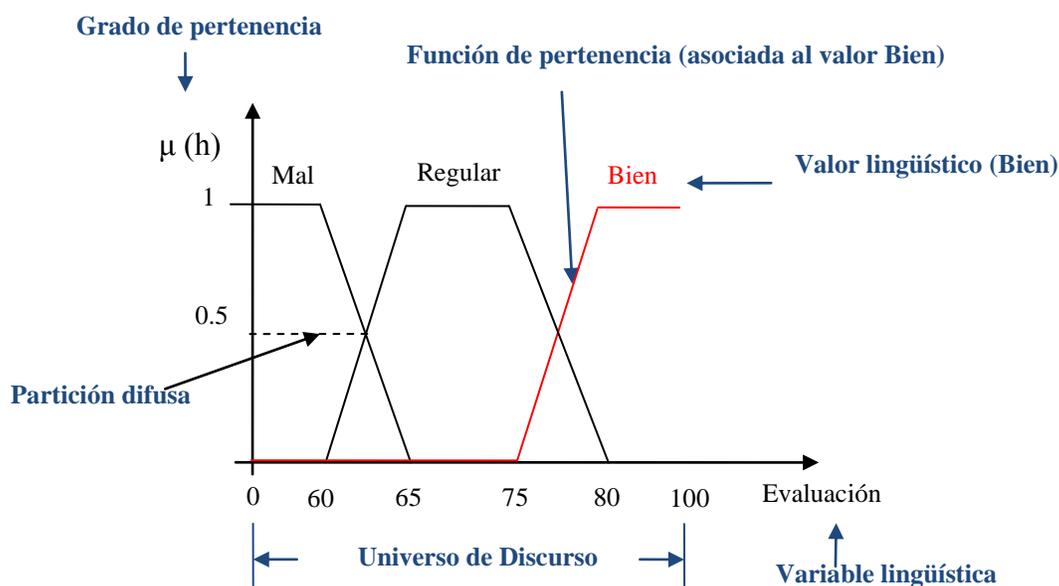


Fig. 1. Conceptos de lógica difusa

Editor de preguntas para un sistema de enseñanza-aprendizaje inteligente

Para elaborar un SEAI es necesario diseñar e implementar preguntas que permitan captar el estado cognitivo de un estudiante. Si bien todo profesor es capaz de concebir preguntas, aquellos que no son especialistas en computación probablemente no lograrán implementarlas en un sistema computacional. Para facilitar el trabajo de los profesores y ofrecerles la oportunidad a todos por igual de elaborar un SEAI, surge entonces la idea de confeccionar un editor con el objetivo de confeccionar los tópicos y preguntas que formarán parte de un SEAI. El sistema implementado EPED realiza una evaluación de forma automática de las respuestas dadas a los tópicos y las preguntas que forman parte del SEAI, haciendo uso de técnicas de Inteligencia Artificial. El editor ofrece la facilidad de que el profesor pueda seleccionar o confeccionar su propio sistema de evaluación. Con esta idea se persigue lograr una mayor flexibilidad en la evaluación dada al estudiante. Es importante señalar que EPED asume que la evaluación primaria, es decir, la evaluación de los incisos que componen una pregunta sea dicotómica. EPED está estructurado en dos etapas fundamentales, en la primera etapa se editan los tópicos y las preguntas y se selecciona o elabora el sistema de evaluación que se utilizará en el mismo. En la segunda se le da respuesta al sistema confeccionado en la etapa anterior y se ofrece una evaluación acorde a los resultados obtenidos.

Se ha implementado un editor de preguntas que facilita la confección de las mismas de forma dinámica. El profesor puede elaborar preguntas pertenecientes a un tópico determinado; el SEAI contará con la cantidad de tópicos y preguntas que el profesor disponga. Antes de editarlas se nombra el SEAI al cual se le van a incorporar los tópicos y las preguntas; y posteriormente los tópicos a los cuales se les añaden las preguntas editadas. Estas preguntas pueden ser de diferentes tipos que deberán seleccionarse antes de editarlas. Se define las categorías y la clave con la que se evaluará el contenido editado en el sistema. Toda esta información será almacenada en un fichero XML ya que el estudiante, al abrir un SEAI, deberá responder las preguntas editadas anteriormente por el profesor.

EPED permite el trabajo sobre cinco tipos de preguntas:

Verdadero o Falso.

Selección Simple.

Complemento Simple.

Selección Simple Complemento Agrupado.

Relacionar Columnas.

Pantalla de Explicación.

Luego que el profesor edite las preguntas, estas quedan almacenadas. Se guardará también la solución correcta que el profesor ofrezca, para cuando el estudiante responda se pueda chequear la validez y evaluar las mismas. Puede observarse una secuencia de trabajo más detallada del editor donde el profesor editará las preguntas que evaluarán al estudiante en el SEAI (véase figura 2).

El profesor tiene la posibilidad de crear preguntas para ser incorporadas a un SEAI o editar preguntas ya confeccionadas en un sistema de enseñanza creado anteriormente. Las preguntas están compuestas por el nombre de la pregunta, tipo, enunciados e incisos. El profesor puede diseñar un sistema de evaluación o seleccionar uno ya confeccionado. Esta posibilidad ofrece una flexibilidad en la evaluación haciéndola lo más cercana posible a la evaluación dada por un profesor real.

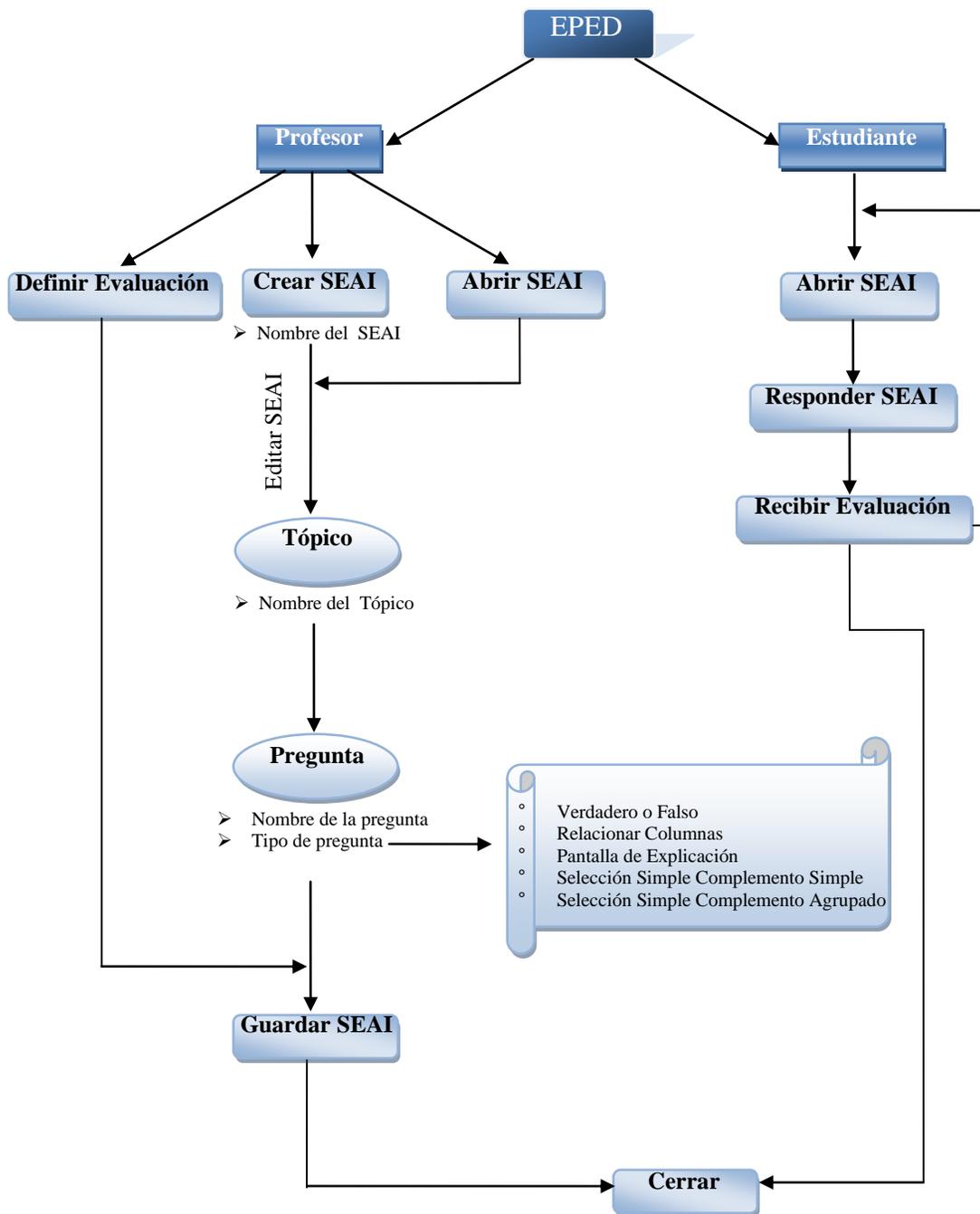


Fig. 2. Secuencia de trabajo detallada de EPED

Evaluación difusa para un editor de preguntas

Partiendo de la evaluación (dicotómica) de los incisos editados mediante EPED se obtiene una nota (valor numérico) de la pregunta, que se refiere al por ciento de los incisos respondidos correctamente. De igual manera cada pregunta se puede evaluar de forma cualitativa utilizando las categorías que define el profesor, y más aún definir funciones de pertenencia para dichas categorías y obtener así un conjunto de términos asociado a la evaluación de una pregunta. La evaluación del tópico dependerá de la agregación de las evaluaciones de las preguntas correspondientes a dicho tópico y finalmente se obtiene un conjunto difuso aplicando la clave (conjunto de reglas) definida previamente por el profesor, mediante un Sistema de Inferencia Borroso (SIB). Se puede obtener una evaluación cuantitativa final para el estudiante aplicando algún método de defuzificación (ver figura 3).

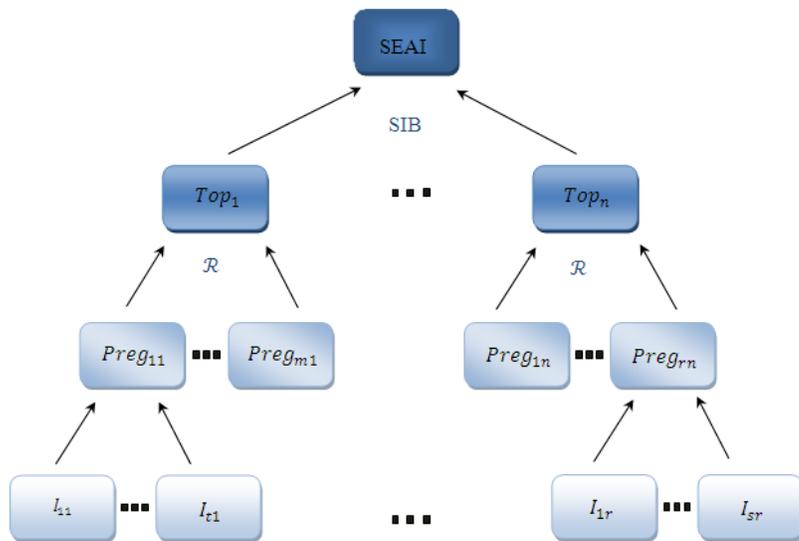


Fig. 3. Sistema de evaluación

En este trabajo se propone construir automáticamente funciones de pertenencia trapezoidales, por ser sencillas y fácil de obtener los parámetros que la definen. Como se mencionó en el capítulo I, existen diversos métodos para obtener funciones de pertenencia, en esta etapa se ha considerado un método analítico para construirlas definido en (Arco, 2001), a continuación se comentará brevemente.

Para estimar los parámetros de una función de pertenencia se considera el conjunto definido anteriormente ordenado ascendente. Para las funciones de pertenencia trapezoidales es necesario obtener los valores de sus parámetros (a, b, c, d) a partir de los atributos discretizado. Al discretizar un atributo se obtiene los intervalos en que este fue dividido. De cada atributo se obtiene una variable lingüística, y de cada intervalo obtenido producto de la discretización se construye cada función de pertenencia de dicha variable lingüística.

Ahora se analizará la obtención de las funciones de pertenencia trapezoidales. Se parte de los puntos que son extremos de los intervalos del atributo discreto del cual se quiere obtener la variable lingüística. Para obtener la primera función de pertenencia trapezoidal es necesario tener en cuenta el primer intervalo y el segundo. Considerando los trapecios que se forman con los puntos extremos de los intervalos de un atributo discretizado inicialmente se tiene lo que se muestra en la figura 4.

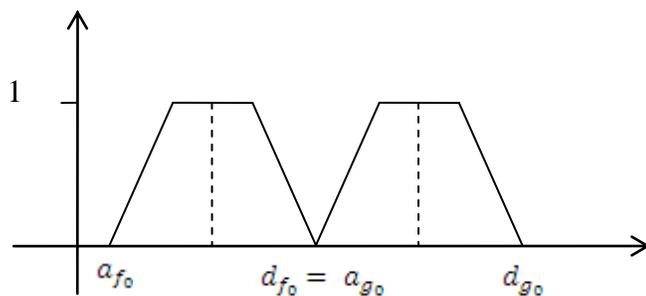


Fig. 4. Trapecios a partir de los intervalos de un atributo discretizado

Es necesario establecer las siguientes notaciones a partir de la figura 4:

a_{f_0} : extremo izquierdo del primer intervalo del atributo discreto.

d_{f_0} : extremo derecho del primer intervalo del atributo discreto.

a_{g_0} : extremo izquierdo del segundo intervalo del atributo discreto.

d_{g_0} : extremo derecho del segundo intervalo del atributo discreto.

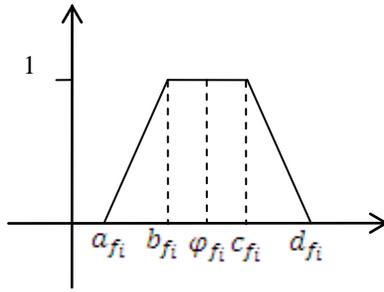


Fig. 5. Parámetros de la función de pertenencia

A partir de la función de pertenencia de la figura 5 es conocido a_{f_i} y d_{f_i} valores extremos del dominio de la función f_i y se calcula

φ_i media de la función f_i

$$\varphi_i = \frac{a_{f_i} + d_{f_i}}{2}$$

Es necesario obtener b_{f_i} y c_{f_i} mediante:

$$b_{f_i} = \frac{a_{f_i} + \varphi_{f_i}}{2}$$

$$c_{f_i} = \frac{\varphi_{f_i} + d_{f_i}}{2}$$

Luego el solapamiento de las funciones de pertenencia quedaría como se muestra en la figura 6, formando una partición difusa.

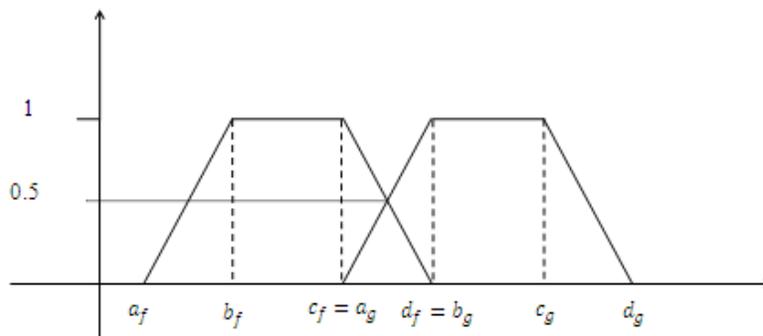


Fig. 6. Solapamiento de las funciones de pertenencia trapezoidales

La primera función de pertenencia y la última son especiales, debido a que los parámetros a_{f_1}, b_{f_1} y c_{f_k}, d_{f_k} son iguales respectivamente, siendo k el último valor lingüísticos.

En el diseño se concibió primeramente la clase TEvaluacion y TReglas para el almacenamiento de la información definida por el profesor para la evaluación, posteriormente la clase TTrapezio para almacenar los datos de cada función de pertenencia, la cual esta relacionada con la clase T Grafica donde se implementan los procedimientos para la construcción de cada una de las funciones de pertenencia.

Para obtener una evaluación final en EPED se parte de la evaluación de los incisos esto se logra comparando las respuestas del profesor con las del estudiante; obteniendo para los mismos una nota dicotómica {True, False} (véase figura 7).

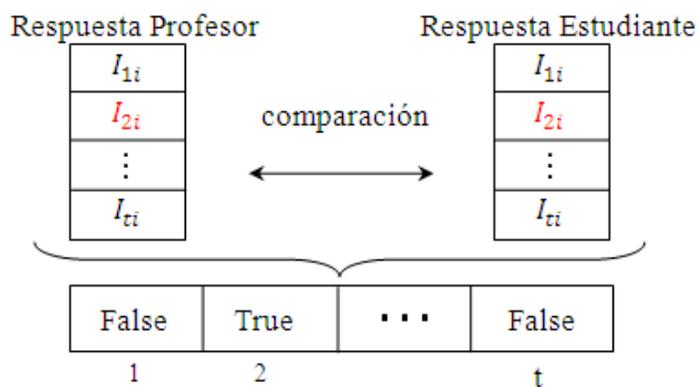


Fig. 7. Obtención de la evaluación de los t incisos de la pregunta i-esima

Luego se obtiene la evaluación dura para la pregunta que está compuesta por los incisos evaluados anteriormente de la forma que se muestra en la figura 8, nótese que ya en este nivel la evaluación se empieza a tratar difusa.

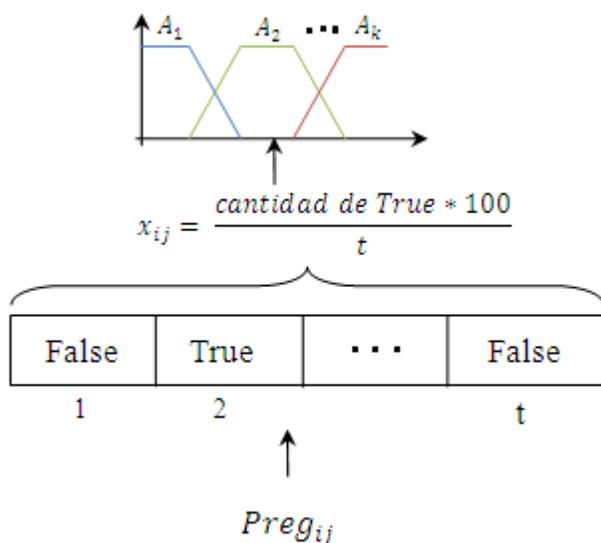


Fig. 8. Obtención de la evaluación de la pregunta i-ésima del tópico j-esimo

Una vez alcanzada las evaluaciones de las preguntas se puede obtener la evaluación del tópico correspondiente, se logra aplicando la relación difusa \mathcal{R} donde se aplica S_m para calcular el máximo de cada valor lingüístico (véase figura 9).

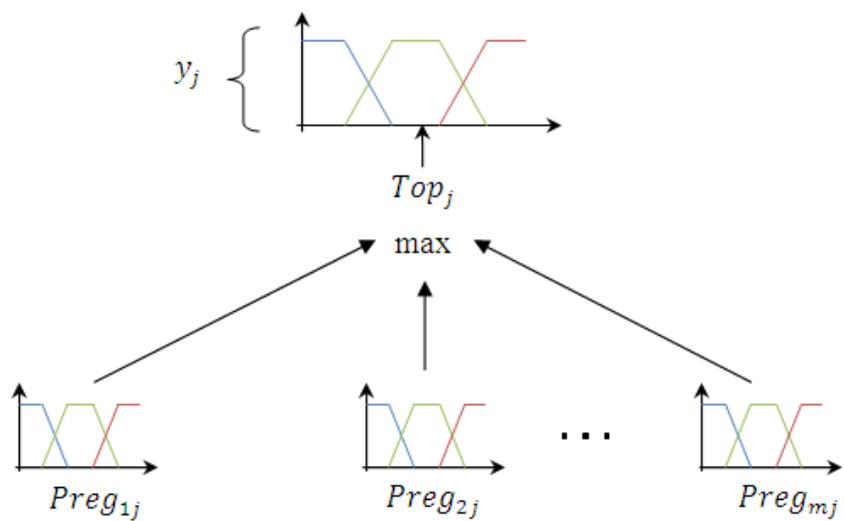


Fig. 9. Obtención de la evaluación del tópico j-ésimo

Ya está todo listo para la obtención de la evaluación del SEAI, que se hace mediante un SID. Cada regla del mismo tiene antecedentes (evaluación de los tópicos) y consecuente (evaluación final) difusos, el resultado de la inferencia se obtiene al aplicar todas las reglas de la base (clave que definió el profesor) y conciliar las inferencias parciales de estas. Se usa los operadores S_m y T_m (max-min); el operador T_m para hallar el acotamiento del conjunto difuso que resulta de cada regla y el operador S_m para realizar la agregación de los conjuntos difusos (véase figura 10). El producto de esta agregación es necesario defuzificarlo. El método de defuzificación empleado es media de los máximos (véase figura 11).

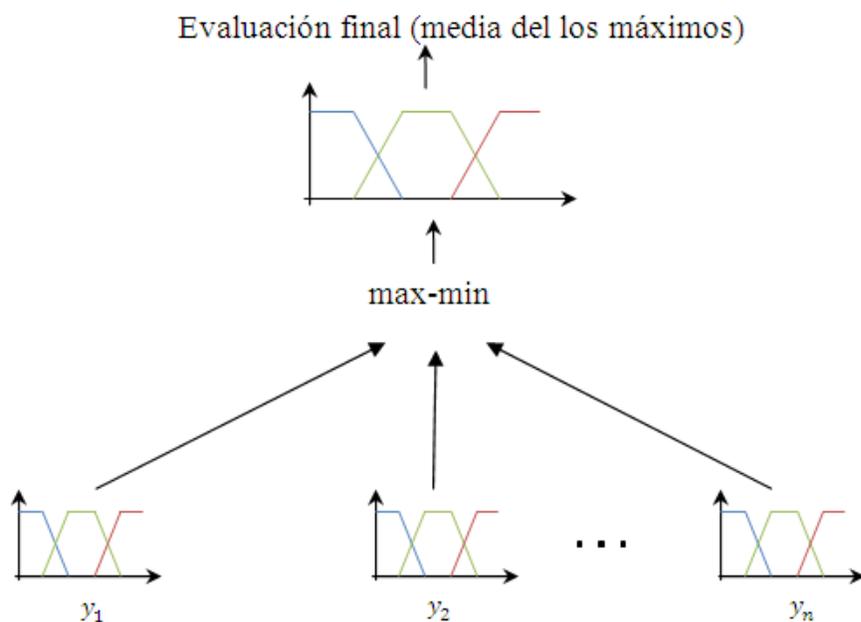


Fig. 10. Obtención de la evaluación final

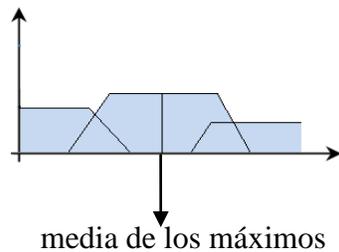


Fig. 11. Método de defuzificación media de los máximos

Un caso de estudio: EPED para un SEAI de historia de cuba

La validación consiste en asegurarse que el sistema realice correctamente la evaluación del SEAI, cumpliendo las especificaciones. En el área de la Informática Educativa es difícil realizar una validación porque no existen bases de datos para validar los resultados obtenidos por los sistemas realizados. Es por eso que se realizó un caso de estudio de una prueba de Historia de Cuba la cual fue evaluada por expertos en dicha asignatura y por EPED aplicando diferentes esquemas de combinación (max-min y max-prod). Para la evaluación de dicho examen se consideró que todas las preguntas tuvieran igual peso, se definieron por el experto las categorías Mal (de 0 a 60 puntos), Regular (de 60 a 80 puntos) y Bien (de 80 a 100 puntos) además de una clave de evaluación.

La tabla 1 muestra los resultados obtenidos por la evaluación ofrecida por el experto y por EPED aplicando max-min y max-prod. Nótese que las evaluaciones obtenidas en EPED utilizando la combinación max-min son mejores que los resultados obtenidos utilizando max-prod ya que devuelve resultados más semejantes a las evaluaciones ofrecidas por el experto humano.

Tabla 1. Validación de EPED

Casos	max-prod			max-min			Experto humano
	Mal	Regular	Bien	Mal	Regular	Bien	
1	0	0	1	0	0	1	100
2	0	0.1	0.9	0	0.2	0.8	90
3	0	0.7	0.3	0	0.7	0.3	70
4	0	0	1	0	0.1	0.9	95
5	0	0.1	0.9	0	0.1	0.9	95
6	0.2	0.3	0.5	0.4	0.6	0	65
7	0	0.6	0.4	0.1	0.5	0.4	78
8	0.7	0.3	0	0.4	0.6	0	60
9	0.1	0.3	0.6	0	0.5	0.5	85
10	0	0.2	0.8	0	0.2	0.8	90
11	0.3	0.7	0	0.8	0.2	0	45
12	0.7	0.2	0.1	0.7	0.3	0	50
13	0.9	0.1	0	1	0	0	37

Conclusiones

Como resultado de esta investigación se desarrolló e implementó un editor de preguntas con evaluación difusa (EPED) que le permite a un profesor elaborar los tópicos y las preguntas que pueden ser utilizados en un Sistema de Enseñanza-Aprendizaje

Inteligente, de forma tal que el profesor tenga la facilidad de definir su propio sistema de evaluación, cumpliéndose el objetivo general planteado, ya que:

Se desarrolló una interfaz visual, usable y amigable que le permite al profesor interactuar fácilmente con la herramienta.

Se elaboró una herramienta que le permita a profesores no necesariamente especialistas en computación implementar preguntas de cualquier especialidad y nivel.

Se implementó un Sistema de Inferencia Difuso para la evaluación de los estudiantes, pues mediante la lógica difusa se logra mayor naturalidad y flexibilidad en la modelación del sistema de evaluación de los SEAI.

Referencias Bibliográficas

ARCO, L. (2001) Machine Learning para la construcción de reglas fuzzy. Santa Clara. Cuba, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

CHIANG, D. A. & LIN, N. P. (1999) "Correlation of Fuzzy Sets". Fuzzy Sets and Systems.

GARCÍA, Z. Z. (1993) Investigación y elaboración de Sistemas de Enseñanza Inteligentes. Santa Clara. Cuba.

KLIR, G. J. & B., Y. (1995) Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications. Prentice Hall.

KOLODNER, J. (1992) An Introduction to Case Based Reasoning. Artificial Intelligence Review 6 ed.

LEÓN, M. (2007) Ingeniería del Conocimiento Automatizada en la creación del Modelo del Estudiante de los Sistemas de Enseñanza- Aprendizaje Inteligentes Departamento de Ciencias de la Computación. Santa Clara. Cuba, Universidad Central: "Marta Abreu" de las Villas.

MORALES, L. G. (2002) Introducción a la lógica difusa.

SEYMOUR, P. (1981) Desafío a la Mente. Computadoras y Educación. . Ediciones Galápagos ed.

ZADEH, L. A. (1965) "Fuzzy Sets". Information and Control.

ZADEH, L. A. (1975) The concept of a linguistic variable and its applications to approximate reasoning.