



PROPUESTA PARA LA EVALUACIÓN DE LAS HABILIDADES INVESTIGATIVAS DEL INGENIERO INFORMÁTICO

PROPOSE FOR ASSESSING THE RESEARCH SKILL COMPUTER ENGINEER

Odiel Estrada Molina

Universidad de las Ciencias Informática, La Habana (Cuba)

Resumen

Las carreras universitarias de perfil informático asociado al desarrollo de *software* industrial declaran en su modelo del profesional que sus egresados deben dominar y aplicar las habilidades investigativas en el desarrollo de *software* industrial desde una perspectiva tecnológica, ingenieril, científica e investigativa. En la literatura existen varios métodos que permiten realizar una evaluación del estudiante basados en lógica difusa, pero presentan como dificultad la necesidad de un evaluador que proporcione las notas difusas en lugar de los valores de los métodos tradicionales, la alta complejidad computacional y el hecho de que no se definen reglas lógicas que se adecúen a las exigencias evaluativas de las habilidades investigativas asociadas al desarrollo de *software* industrial. Esto determinó, como objetivo de la investigación, implementar un *software* que permita evaluar las habilidades investigativas de los estudiantes que realizan su práctica profesional en centros de desarrollo de *software*. Como resultado de esta investigación se presentan procedimientos matemáticos utilizando la lógica difusa y los módulos que conforman el *software* basado en dichos procedimientos. Las investigaciones en ciencias sociales, y específicamente la asociada al proceso educativo, son de un carácter complejo y sistémico en el que se puede evidenciar la presencia de la incertidumbre del pensamiento humano, por lo que el empleo de la lógica difusa puede contribuir a la toma de decisiones del profesor tutor en torno al proceso evaluativo.

Palabras claves: habilidades investigativas, evaluación, lógica difusa, procedimientos matemáticos, sistema.

Abstract

Computer careers profile associated with the development of industrial software, graduates need to dominate and implement their research skill from industrial software development from a technology, engineering, scientific and research perspective. In the literature, several methods allow an evaluation

of the student based on fuzzy logic, but present as difficulty: the need for an assessor to provide diffuse notes instead of values that traditional method the high computational complexity; no logical rules to suit the demands of evaluative research skill associated with the development of industrial software defined. Allowed to determine the above research aims to implement a software to assess the cognitive component of the research skill of students who are doing their professional practice in software development centers. In this paper, the presents as research result: Two mathematical methods based on fuzzy logic; and the modules that make up the software based on those procedures. In research of social sciences and the associated specific to the educational process, these complex and systemic nature in which you can show the presence of the uncertainty of human thought, so that the use of fuzzy logic can contribute to decision professor around the evaluation process.

Keywords: evaluation, fuzzy logic, mathematical procedures, research skill, system.

Introducción

La relación universidad-Industria contribuye a la formación de profesionales competentes y capaces de resolver problemas profesionales desde una concepción científica, tecnológica e investigativa. Por eso es fundamental la formación de las habilidades investigativas en estudiantes universitarios desde entornos industriales. Es el caso de las carreras universitarias asociadas al desarrollo de *software* industrial, como la ingeniería informática y otras carreras afines.

Se realizó un análisis documental de más de 40 investigaciones asociadas a la evaluación de las habilidades investigativas en carreras universitarias con perfil informático, en el área de desarrollo de *software*, y se constató que no se especifica cómo evaluar el desarrollo de las habilidades investigativas en el desarrollo de *software* industrial.

En el proceso de evaluación de competencias puede existir incertidumbre al brindar una calificación por el profesor tutor, por lo que en la literatura existen varios procedimientos matemáticos para evaluar las competencias del estudiante con base en la lógica difusa. Los más utilizados son:

1. El uso de los valores de la función de pertenencia difusa en unión con la teoría estadística (Fourali, 1994).
2. La similitud difusa (Bitwas, 1995).
3. Valores esperados difusos (Law, 1996).
4. La evaluación del conocimiento (Cheng, Kilis & Knight, 1997).

5. Los valores de la función de pertenencia a la teoría de la probabilidad (Chen & Lee, 1999).
6. Evaluación centrada en el aprendizaje con el uso de la lógica difusa (Ma & Zhou, 2000).
7. Tutoría inteligente (Kinshuk & Patel, 2001).
8. Modelo del estudiante basado en inferencias difusas (Kavcic, Pedraza, Molina & Valverde, 2003).
9. Todos los procedimientos propuestos permiten contribuir a la evaluación del aprendizaje pero presentan dificultades tales como:
 - Necesidad de un evaluador que proporcione las notas difusas en lugar de valores que dan los métodos tradicionales.
 - Alta complejidad computacional.
 - Falta definir reglas lógicas que se adecúen a las exigencias evaluativas de las habilidades investigativas asociada al desarrollo de *software* industrial.

Partiendo de las anteriores limitaciones, se determinó como objetivo de la investigación desarrollar un *software* que contribuya a evaluar las habilidades investigativas en estudiantes universitarios de ingeniería informática (y carreras afines) desde la actividad laboral vinculada al desarrollo de *software* industrial en centros dedicados a esta labor.

Es válido señalar que un *software* no puede solucionar un proceso de evaluación formativa, visto como un proceso social y eminentemente instructivo y educativo, sino que se utilizará la tecnología como apoyo a la evaluación que realiza el profesor. El *software* puede contribuir a priori a una posible evaluación del estudiante en cuanto al resultado de la aplicación de sus habilidades investigativas,

pero una evaluación efectiva e integral, teniendo en cuenta aspectos cognitivos y afectivos, sólo se puede analizar desde la práctica pedagógica y psicológica del profesor. Una vez identificada la posible evaluación que brinda el *software*, el profesor lo puede asumir o no, según su experiencia.

En este artículo se presentan como resultados investigativos los procedimientos matemáticos elaborados para la evaluación de las habilidades investigativas asociadas al desarrollo de *software* industrial; y los módulos que conforman el *software* implementado.

Materiales y métodos

Para definir los procedimientos matemáticos por utilizar en la evaluación de las habilidades investigativas del ingeniero informático desde los entornos productivos de *software* se tuvo en cuenta:

1. Implementación de números borrosos triangulares, que son los más usados en la práctica por su relativa comodidad de manipulación, como afirman Gómez, Quiroga y Jasbón (2009), Morales, Casas, Argüelles & Águila (2010), Alonzo (2010), Cuza (2013) y D'onofrio & González (2013).
2. La definición de variables lingüísticas y de sus correspondientes etiquetas y valores. Éstas se elaboraron a partir de las características que posee un grupo de desarrollo de *software* industrial y se seleccionaron aquellas que son transversales en cada rol profesional del desarrollo de *software* (analista de *software*, arquitecto, desarrollador o programador, asegurador de la calidad, entre otros).
3. La definición de reglas lógicas (teoría de conjuntos, teniendo en cuenta las variables lingüísticas definidas en el segundo punto, y los fundamentos filosóficos, sociológicos, psicológicos y pedagógicos de la educación superior cubana asociada a la evaluación de las habilidades investigativas).
4. La definición de dos procedimientos matemáticos basados en los números borrosos triangulares que permitirán contribuir a la toma de decisiones del tutor del estudiante para la evaluación de las habilidades investigativas en dos momentos: la

evaluación de una tarea productiva y la evaluación final de las habilidades investigativas, teniendo en cuenta el historial evaluativo del estudiante (portafolio digital).

5. Creación de una base de datos que guarde la evaluación de las habilidades investigativas del estudiante asociada a cada una de las tareas productivas realizadas por él.

Lo anterior permitió definir como resultado investigativo los **módulos** que componen el *software*: el módulo 1 permite evaluar el desarrollo de las habilidades investigativas (resultado) teniendo en cuenta el desempeño evidenciado por el estudiante en la realización de una tarea productiva del desarrollo de *software*; con el módulo 2 se determina la evaluación final del desarrollo de las habilidades investigativas; y con el módulo 3 se consulta la evaluación del estudiante en cada una de las tareas realizadas.

A continuación se presentan los otros resultados obtenidos en la investigación, asociados a los procedimientos matemáticos empleados en el *software* para evaluar las habilidades investigativas.

Resultados y discusión

Para determinar los procedimientos que a continuación se exponen se tuvo en cuenta el contexto educativo en el que se desenvuelven los centros de desarrollo de *software* de la Universidad de las Ciencias Informáticas, en cuanto a los procedimientos que se ejecutan para la orientación y evaluación de las tareas productivas que se les asignan a los estudiantes en los proyectos de producción de *software*, aunque pueden ser utilizados en cualquier contexto de la industria en el que haya estudiantes de pregrado en práctica profesional.

Procedimiento N.º 1.

Procedimientos ordenados para la evaluación de las habilidades investigativas del estudiante en la resolución de una tarea, en el proceso de desarrollo de *software*.

Primer paso

Obtener las calificaciones naturales de cada variable (fórmula 1) según la entrada de información del profesor.

Fórmula 1. Expresión matemática para delimitar el nombre de las variables.

$$\text{Variable}(Vn) = N$$

Donde Vn representa las variables de las habilidades investigativas y N es el valor natural dado por el profesor.

Variable lingüística de entrada

Calificación del indicador x_i : expresa la calificación alcanzada en uno de los 32 indicadores asociados al desarrollo de las habilidades investigativas.

Los indicadores están conformados en correspondencia con las etapas de la investigación científica. Es válido destacar que no todos los indicadores se evaluarán en cada tarea, ello depende de las características (exigencias) de las tareas investigativas o productivas. Para definir los indicadores se tuvo en cuenta el modelo del profesional de la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas asociada al desarrollo de *software* con perspectiva industrial.

Existen diversos criterios al nombrar las etapas, en este artículo se asumen las siguientes: exploración científica, proyección de la investigación, ejecución de la investigación, análisis de los resultados del proceso investigativo, comunicación de los resultados y etapa de introducción y generalización de los resultados en la práctica social.

Los indicadores son:

1. Etapa de exploración científica

Indicadores

- Comparar la realidad tecnológica actual con el modelo deseable.
- Identificar posibles problemas de investigación desde la actividad laboral.

- Formular correctamente el problema de investigación seleccionado.
2. Etapa de proyección de la investigación

Indicadores

- Determinar el objeto de la investigación.
- Determinar el campo de acción de la investigación.
- Determinar los objetivos de investigación.
- Determinar los supuestos hipotéticos (hipótesis, idea por defender o preguntas científicas).
- Determinar la población y la muestra (en caso de que proceda).
- Determinar los métodos de investigación necesarios y suficientes.
- Determinar las tareas de investigación necesarias y suficientes.
- Determinar anticipadamente los resultados de la investigación.
- Determinar los tiempos necesarios para obtener los resultados.
- Elaborar el documento del proyecto de investigación.
- Diseñar proyectos de tesis de diploma.

3. Etapa de ejecución de la investigación

Indicadores

- Ejecutar las tareas planificadas.
- Ejecutar el cronograma elaborado.
- Escoger convenientemente los fundamentos teóricos que justifiquen la selección de la metodología de desarrollo de *software* por emplear, así como estándares, algoritmos, tecnología y herramientas informáticas por utilizar según las particularidades de la investigación por desarrollar en el área de la informática.
- Elaborar los artefactos asociados a la Ingeniería de *Software* en correspondencia con la metodología de desarrollo de *software* empleada.
- Aplicar normas de calidad, estándares y patrones en el proceso de desarrollo de *software*, según las particularidades de la investigación y de la solución que se propone.
- Aplicar métodos o procedimientos de desarrollo e implementación de *software*.

4. Etapa de análisis de los resultados del proceso investigativo.

Indicadores

- Procesar los datos empíricos (categorizar, codificar, tabular y ordenar en tablas y gráficos).
- Aplicar las técnicas y los métodos que provee la ingeniería de *software* para el diseño, evaluación y análisis de la calidad del producto informático o de la solución informática implementada acorde con las características de la metodología de desarrollo de *software* utilizada o de los patrones, estilos y estándares ingenieriles aplicados.
- Realizar pruebas ingenieriles para validar el *software* o aplicar métodos experimentales industriales que permitan corroborar el resultado obtenido.
- Validar la hipótesis o idea por defender o el cumplimiento del objetivo de la tesis con la utilización de métodos estadísticos.
- Analizar y comparar las soluciones existentes y la solución informática que se obtuvo.
- Formular conclusiones.
- Formular recomendaciones.

5. Etapa de comunicación de los resultados

Indicadores

- Presentar de forma escrita, con un lenguaje claro y accesible, los resultados de la actividad científica-investigativa.
- Exponer en eventos científicos los resultados de la investigación.
- Intercambiar en talleres los resultados obtenidos con otros estudiantes.
- Elaborar el trabajo de diploma.
- Elaborar un informe técnico para presentar los resultados de la investigación en la jornada científica estudiantil establecida por las instituciones universitarias cubanas.

6. Etapa de introducción y generalización de los resultados en la práctica social

Indicadores

- Acreditar la propiedad intelectual de los resultados obtenidos (Centro Nacional de Derecho de Autor (Cenda), si es que los resultados obtenidos proceden según las normativas de éste. (Opcional).

- Elaborar acciones y exigencias para la introducción de los resultados obtenidos desde el despliegue de la aplicación.

Etiquetas lingüísticas

- Calificación **alta** del indicador x_i : no se manifiestan deficiencias en el desempeño de la actividad relacionada con el indicador en cuestión.
- Calificación **media** del indicador x_i : se observan algunas deficiencias en el desempeño de la actividad relacionada con el indicador en cuestión.
- Calificación **baja** del indicador x_i : se observan muchas deficiencias en el desempeño de la actividad relacionada con el indicador en cuestión.

Variable de salida

Calificación alcanzada en las habilidades investigativas de la tarea: es la repercusión que tienen las calificaciones recibidas en cada uno de los indicadores, que se evalúan de acuerdo con las etiquetas lingüísticas: mala, regular, buena o excelente.

Segundo paso.

Proceso de fuzificación. Utilización de los números triangulares borrosos (fórmula 2).

Las valoraciones lingüísticas son estimaciones que se pueden obtener mediante la consulta a expertos. Se permitió que para cada etiqueta lingüística se asignaran valores numéricos en el intervalo $[0,5]$, representadas adecuadamente con funciones de pertenencia triangulares y trapeciales. Se escogió una escala comprendida entre 0 y 6 ($[0,6]$) para identificar el universo de discurso de todas las variables lingüísticas de entrada, así como la escala comprendida entre 0 y 5 para el universo de discurso de la variable lingüística de salida.

A partir de los criterios anteriores, dentro del universo de discurso de las variables lingüísticas se asignó el intervalo no difuso donde los valores de las etiquetas lingüísticas poseen 100% de pertenencia al conjunto difuso. Estos intervalos se muestran en las tablas siguientes:

Tabla 1: Intervalo de total pertenencia al conjunto difuso de las variables lingüísticas de entrada

	Intervalo no difuso		
	[0;3]	[4]	[5;6]
Variables lingüísticas	Etiquetas lingüísticas		
Calificación del indicador xi	Baja	Media	Alta

Tabla 2: Intervalo de total pertenencia al conjunto difuso variables lingüísticas de entrada

	Intervalo no difuso			
	[0;3]	[3.5]	[4]	[5]
Variables lingüísticas	Etiquetas lingüísticas			
Calificación de la tarea	Mala	Regular	Buena	Excelente

Para la construcción de las funciones de pertenencia se adquirió la información de encuestas aplicadas a expertos, en las que se tomaron los valores de pertenencia según el número de respuestas favorables. Dada la subjetividad y ambigüedad de las opiniones de los expertos, las funciones de pertenencia construidas se corrigieron de acuerdo con la comparación entre las opiniones de los especialistas y las respuestas esperadas. Ello se logró para cada indicador en particular.

En la presente investigación, los dominios discursos, que representan etiquetas lingüísticas que intervienen en la evaluación de las habilidades investigativas, se asumen de la siguiente forma: triángulo (a, b, c) y trapecio (a, b, c, d). Se definen los dominios discursos asociados a sus respectivas etiquetas lingüísticas así:

Variable de entrada:

Alta: [3.8; 5; 6; 6], Media: [2.8; 4; 5.2], Baja: [0; 0; 3; 4.2].

Variable de salida:

Mala [0; 0; 3; 3.4], Regular [3; 3.5; 4], Buena [3.5; 4; 4.75], Excelente [4.5; 5; 5; 5].

Paso 4. Construcción de la base de reglas difusas

Relaciones entre las variables de entrada y la variable de salida:

La combinación de los indicadores asociados a las habilidades investigativas y su calificación permite medir el estado o nivel en que se encuentra el desarrollo de las habilidades investigativas. Las reglas difusas son la representación en lenguaje natural del conocimiento (empírico o no) que se tiene acerca de un problema del mundo real.

A continuación se muestran las **reglas de inferencia difusa**:

Nota: es importante tener en cuenta que en una tarea no todos los indicadores son necesariamente evaluados; por lo tanto, los indicadores que se presentan en el antecedente de las reglas son variables.

Ecuación correspondiente a la función de pertenencia Triángulo (fórmula. 2).

Fórmula.2. Función de pertenencia Triángulo

$$Triángulo (N, A, B, C) = \begin{cases} \frac{N - A}{B - A} \\ C - N \\ \frac{C - B}{0} \end{cases}$$

(Morales, Casas, Arguelles & Águila, 2010).

Donde

Si $A < N \leq B$ entonces se utiliza el primer término de la función.

Si $B < N \leq C$ se utiliza el segundo término de la función. En otro caso se utiliza el tercer término de la función, es decir, será igual a cero.

Reglas de inferencias

Para aplicar las reglas de inferencias se debe tener en cuenta que se utilizó el sistema de calificación de la asignatura de práctica profesional, la cual es la que rige el proceso de formación del estudiante en los centros de desarrollo de *software* que posee la Universidad de las Ciencias Informáticas.

El procedimiento que se propone puede ser reproducido en otras investigaciones pero deben tener en cuenta que las reglas de inferencias están en concordancia con el sistema evaluativo que se efectúe, por lo cual puede ser cambiado en correspondencia con las exigencias educativas de una determinada institución.

R1. Si en N_1 , N_2 y N_i la calificación es alta, **entonces** la calificación alcanzada en las habilidades investigativas es excelente (FC= 1).

R2. Si en N_1 , N_2 y N_i la calificación es media, **entonces** la calificación alcanzada en las habilidades investigativas es buena (FC= 0.5).

R3. Si la calificación de N_1 es media y la calificación de N_2 es media y la calificación de N_i es media **entonces** la calificación alcanzada en las habilidades investigativas es regular. (FC= 0.5).

R4. Si en N_1 , N_2 y N_i la calificación es baja, **entonces** la calificación alcanzada en las habilidades investigativas es mala (FC= 1).

Para lograr la modelación lógica del problema, las siguientes reglas están sujetas a condiciones de activación, las cuales se interpretarán según la lógica clásica:

Si la cantidad de calificaciones altas es mayor que la cantidad de calificaciones medias, se activa R5.

R5. Si (la calificación de N_1 es alta **o** media) y (la calificación de N_2 es alta **o** media) y (la calificación de N_i es alta **o** media), **entonces** la calificación

alcanzada en las habilidades investigativas es excelente (FC= 0,7).

Si la cantidad de calificaciones altas son menores o iguales de la cantidad de calificaciones medias, se activa R6.

R6. Si (la calificación de N_1 es alta **o** media) y (la calificación de N_2 es alta **o** media) y (la calificación de N_i es alta **o** media), **entonces** la calificación alcanzada en las habilidades investigativas es buena (FC= 0,8).

Si la suma de la cantidad de calificaciones altas y la cantidad de calificaciones medias es mayor que la cantidad de calificaciones bajas y, además, si la cantidad de calificaciones altas es mayor que la cantidad de calificaciones medias, se activa R7.

R7. Si (la calificación de N_1 es alta **o** media **o** baja) y (la calificación de N_2 es alta **o** media **o** baja) y (la calificación de N_i es alta **o** media **o** baja), **entonces** la calificación alcanzada en las habilidades investigativas es buena (FC= 0,4).

Si la suma de calificaciones altas y calificaciones medias es mayor que la cantidad de calificaciones bajas y, además, si la cantidad de calificaciones altas es menor o igual que la cantidad de calificaciones medias, se activa R8.

R8. Si (la calificación de N_1 es alta **o** media **o** baja) y (la calificación de N_2 es alta **o** media **o** baja) y (la calificación de N_i es alta **o** media **o** baja), **entonces** la calificación alcanzada en las habilidades investigativas es regular (FC= 0,6).

Si la suma de calificaciones altas y la cantidad de calificaciones medias es menor o igual que la cantidad de calificaciones bajas, se activa R9.

R9. Si (la calificación de N_1 es alta **o** media **o** baja) y (la calificación de N_2 es alta **o** media **o** baja) y (la calificación de N_i es alta **o** media **o** baja) **entonces** la calificación alcanzada en las habilidades investigativas es mala. (FC= 0,9).

Si la cantidad de calificaciones medias son mayor que la cantidad de calificaciones bajas, se activa R10.

R10. Si (la calificación de N_1 es media **o** baja) y (la

calificación de N_2 es media **o** baja) y (la calificación de N_1 es media **o** baja), **entonces** la calificación alcanzada en las habilidades investigativas es regular (FC= 0,7).

Si la cantidad de calificaciones de medias son menores o iguales que la cantidad de calificaciones bajas, se activa R11.

R11. Si (la calificación de N_1 es media **o** baja) y (la calificación de N_2 es media **o** baja) y (la calificación de N_3 es media **o** baja), **entonces** la calificación alcanzada en las habilidades investigativas es mala (FC= 0,9).

Para realizar la inferencia difusa se utiliza el par T-S mínimo-máximo.

Tercer paso. Método del centroide (COG).

Se utiliza el método del centroide o COG partiendo de 2 con un paso de 0,25 como se muestra el ejemplo propuesto en la figura.

El método (figura 2) consiste en lo siguiente: para cada variable de salida fuzificada se trunca el valor máximo de la función de pertenencia de cada conjunto definido en el universo de discurso al valor obtenido durante la inferencia (tabla 1).

Tabla 1. Muestra de la relación entre las variables, el número borroso obtenido y su multiplicación, de acuerdo con el método centroide (COG).

Variable (Vn)	M (Vn) Número borroso obtenido	Vn * M(Vn)
V1	M (V1)	V1 * M(V1)
V2	M (V2)	V2 * M(V2)

Figura. 2. Método del centroide

$$COG = \frac{V1 * M(V1) + V2 * M(V2) + \dots + Vn * M(Vn)}{M(V1) + M(V2) + \dots + M(Vn)}$$

(Morales, Casas, Argüelles y Águila, 2010).

Cuarto paso. Ajuste de la evaluación.

- Si el COG se encuentra en el intervalo [2; 2.99] entonces la calificación sería 2.
- Si el COG se encuentra en el intervalo [3; 3.99] entonces la calificación sería 3.
- Si el COG se encuentra en el intervalo [4; 4.75] entonces la calificación sería 4.
- Si el COG se encuentra en el intervalo [4.76; 5] entonces la calificación sería 5.

Procedimiento No. 2

Procedimientos ordenados para la evaluación de la competencia al terminar el curso académico

Primer paso. Obtener las calificaciones naturales de cada variable y tarea realizada por el estudiante.

Dichas calificaciones se encuentran en el portafolio digital del estudiante (tabla 2).

Tabla 2. Relación entre la variable y la tarea

Variable	Tarea	Valor
1	1	X1
2	2	X2
N	T	X_{nxt}

N: Total de indicadores T: Total de tareas

Cada variable es evaluada en cada tarea y se obtiene un valor determinado por los ejes verticales y horizontales. Donde X_{nxt} Representa el valor de la variable de la dimensión cognitiva de las habilidades investigativas en una tarea determinada.

Segundo paso. Proceso de fuzificación. Utilización de los números triangulares borrosos.

Se utiliza el mismo procedimiento que en el segundo paso para la evaluación de una tarea, explicada anteriormente. Es decir, se halla el número borroso según la función de pertenencia triángulo, para cada variable en una tarea determinada (X_{nxt}).

Las reglas de inferencia que se aplican son las mismas del procedimiento N.º 1.

Tercer paso. Método del centroide (COG)

Se utiliza el mismo procedimiento que el del tercer paso para la evaluación de una tarea, explicada anteriormente, lo que se utilizará para cada variable en una tarea determinada (X_{nxt}).

Se obtiene al final una lista de valores dados del COG, referente a cada variable de las habilidades investigativas por cada una de las evaluaciones de las tareas.

Cuarto paso. Promedio

Se realiza el promedio de la lista de valores dados del COG (fórmula 4):

Fórmula. 4 Fórmula del promedio

$$Promedio = \sum_{i=1}^N \frac{COGi}{N}$$

Fuente: elaboración propia

Donde N= es la cantidad de variables. En este caso, el total es 32 (total de variables lingüísticas determinadas en la investigación dirigidas a la evaluación de las habilidades investigativas).

COGi = El valor de cada COG obtenido por cada variable en cada tarea.

Ajuste de la evaluación.

- Si el promedio se encuentra en el intervalo [2; 2.99] entonces la calificación sería 2.
- Si el promedio se encuentra en el intervalo [3; 4] entonces la calificación sería 3.
- Si el promedio se encuentra en el intervalo [4; 4.75] entonces la calificación sería 4.

- Si el promedio se encuentra en el intervalo [4.75; 5] entonces la calificación sería 5.

Para que sea eficiente este segundo procedimiento de la evaluación de las habilidades investigativas del estudiante desde su desempeño en los centros de desarrollo de *software*, siempre que se evalúe cada tarea productiva orientada, en la base de datos del estudiante se guardará como uno de sus atributos el número borroso correspondiente a cada una de las variables que se miden para evaluar las habilidades investigativas en cada tarea productiva (Procedimiento N.º 1). Así, cuando se genere la propuesta de evaluación cognitiva del estudiante al finalizar el semestre (Procedimiento N.º 2) en torno a esta competencia, no habrá que volver a realizar el cálculo borroso.

Al realizar un análisis integral del sistema informático se puede afirmar que contribuye al proceso de evaluación de las habilidades investigativas y éste, a su vez, repercute en la formación del estudiante y en su desempeño como futuro profesional. Por ello es necesaria la formación investigativa del estudiante para que desempeñe su labor desde una concepción científico-investigativa. La correcta evaluación formativa de dicha competencia le permite asimilar y desarrollar sus habilidades acorde con las exigencias sociales, tecnológicas, científicas, ambientales e investigativas actuales.

La utilización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) que se asume en el proceso de enseñanza aprendizaje es el del colectivo de autores (CREA, 2010). Si bien estas tecnologías no pueden sustituir la labor formativa del profesor, sí pueden servir de apoyo a la toma de decisiones y específicamente a las habilidades investigativas del estudiante. Su utilización puede contribuir a la toma de decisiones del profesor y como diagnóstico al estudiante para valorar su estado investigativo actual.

Conclusiones

Para desarrollar un sistema informático que use la lógica difusa en el proceso de evaluación de las habilidades investigativas, en el contexto del desarrollo de *software*, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

1. Definición de variables lingüísticas y de sus correspondientes etiquetas y valores.
2. Definición de reglas lógicas según las exigencias didácticas, metodológicas y pedagógicas que sustentan el proceso evaluativo. En este trabajo se presenta un conjunto de reglas que se adecúan a las exigencias del modelo del profesional de la Ingeniería en Ciencias Informáticas.
3. Definición de procedimientos matemáticos en correspondencia con las características del proceso evaluativo.
4. Creación de una base de datos que almacene la evaluación de las habilidades investigativas del estudiante asociada a cada una de las tareas productivas realizadas por él.

El principal logro de la investigación es la aplicación de la lógica difusa al proceso de evaluación de las habilidades investigativas del ingeniero en ciencias informáticas, en el contexto del desarrollo de *software* industrial.

Referencias

- Alonzo, L. (2010). Propuesta de modelo difuso sobre evaluación del aprendizaje. *Revista Investigación Operacional*, 31 (2), pp. 180-190.
- Bitwas, R. (1995). An application of fuzzy sets in students' evaluation. *Fuzzy Sets and Systems*, (74), 187.
- Chen, S. M., & Lee, C. (1999). New methods for students' evaluation using fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*, pp. 209-218.
- Cheng, P., Kilis, D. & Knight, G. (1997). Knowledge assessment using fuzzy conceptual representation. *Proceedings of the ACM symposium on Applied Computing*, (pp. 3-9).
- Colectivo de autores (CREA). (2010). *Preparación pedagógica integral para profesores universitarios*. La Habana: Editorial Felix Varela.
- Cuza, B. (2013). Algoritmo para la elaboración de planes de formación profesional basados en competencias laborales para proyectos desarrolladores de *software*. La Habana. Trabajo final presentado para optar al título de Máster en Gestión de Proyectos Informáticos. Universidad de Ciencias Informáticas.
- D'onofrio, M. & González, M. (2013). Evaluación por competencias a través del desarrollo de una herramienta informática. III Jornadas de Enseñanzas de la Ingeniería (JEIN 2013). Universidad Tecnológica Nacional.
- Fourali, C. (1994). Fuzzy logic and the quality of assessment of portfolios. *Fuzzy Sets and Systems*, pp. 123-139.
- Gómez, I., Quiroga, J. & Jaspón, N. (2009). Calificación de estudiantes por medio de un sistema de lógica difusa. *Revista Educación en Ingeniería*, (8), pp. 49-56.
- Kavcic, A., Pedraza, R., Molina, H., & Valverde, F. (2003). Student modelling based on fuzzy inference mechanisms. The International Conference on Computer as a Tool, pp. 10-15.
- Kinshuk, A., & Patel, A. (2001). Adaptive tutoring in business education using fuzzy backpropagation approach. The 9th International Conference on Human-Computer Interaction, pp. 10-20.
- Law, C. (1996). Using fuzzy numbers in educational grading systems. *Fuzzy Sets and Systems*, pp. 311-323.
- Ma, J., & Zhou, D (2000). Fuzzy set approach to the assessment of student-centered learning. *IEEE Transactions on Education*, (2), pp. 237-241.
- Morales, J. L., Casas, G., Argüelles, L. & Águila, R. (2010). Tratamiento borroso para valorar el nivel de satisfacción de los clientes que asisten al área de cajeros en dos sucursales de Bandec en Santa Clara. Congreso Internacional de Matemática Computación (Compumat, 2010), pp. 12-22.

Sobre el autor

Odiel Estrada Molina

Universidad de las Ciencias Informática, La Habana
(Cuba)
oestrada@uci.cu

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la
Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.