

junio del 2001

informática

HERRAMIENTA PARA LA CLASIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN SISTEMAS TUTORIALES INTELIGENTES

Resumen / Abstract

El trabajo tiene como objetivo diseñar un conjunto de enunciados que asociados a un sistema tutorial inteligente, permita satisfacer las necesidades intelectuales de los estudiantes y estimule paso a paso su deseo de investigar. Por otra parte, el trabajo contribuye al desarrollo de una metodología de resolución de problemas que posibilite transitar, desde los problemas más simples a los problemas más complejos. Para alcanzar ese objetivo se precisa clasificar los problemas de forma adecuada en diferentes niveles de complejidad de forma tal, que el alumno pueda, con la ayuda y guía del sistema tutorial inteligente, incrementar sus habilidades y conocimientos en la resolución de problemas. Sin duda, el proceso de diseño de sistemas tutoriales inteligentes multimedia, de ahora en adelante denominado STIM, posee una estrecha relación con el problema general de clasificación de objetos y problemas de enunciado a partir de los parámetros fundamentales definidos para cada uno de ellos. Sin embargo, esa clasificación es una actividad compleja, laboriosa y no está exenta de evaluaciones subjetivas. Por todo lo anterior, los autores proponen un método de cálculo y una herramienta de cómputo para la clasificación automática de problemas de enunciado en el proceso de enseñanza y aprendizaje utilizando la computadora.

The processes involved in the classification of objects and word problems continue being a complex and ill-structured problem. In this paper, a software tool for hypermedia intelligent tutoring systems is proposed. This tool helps us to define the complexity levels for a set of proposed problems to students. In this way, the intelligent systems designers and professors can use it to organize the problem base. On the other hand, this tool constitutes an important element during training and learning process because it permits to organize the transit from simple to complex in problem solving. It uses different methods of classification, like as statistical methods, experts' proofs and others. The evaluations of parameters can involve objective and subjective elements. In this relation, a particular version of Delphi method is developed. The system was programmed on Delphi for Windows.

Palabras clave / Key words

Sistemas tutoriales inteligentes

Intelligent tutoring systems

INTRODUCCIÓN

En la época actual, los sistemas tutoriales inteligentes surgen y se consolidan como un método adecuado para desarrollar hábitos y habilidades de resolución de problemas complejos en los estudiantes.

Los últimos 30 años, han sido testigos de importantes resultados alcanzados en esta esfera de investigación. Desde la aparición de Scholar en 1970 gracias al genio del científico uruguayo Jaime Carbonell hasta los impresionantes resultados obtenidos por Self, Sleeman, Brown, Clansey y otros, en los últimos tiempos han demostrado la necesidad de desarrollar investigaciones en este campo. En Cuba, desde el advenimiento de las microcomputadoras en 1984 se ha trabajado ingentemente en esta esfera de investigación científica.

Miguel A. Garay Garcell, Ingeniero Industrial, Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Titular, Centro de Estudios de Ingeniería de Sistemas (CEIS), Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE)
e-mail: garay@ceis.ispjae.edu.cu

Marcelo Sandi Pinheiro, Licenciado en Procesamiento de la información, Universidad Católica de Brasilia, Brasil

El proceso de formulación de problemas asociados a la toma de decisiones ha sido estudiado durante muchos años. Científicos de diversos países han dedicado lo mejor de sus vidas a estudiar, formular y sistematizar los procesos de resolución de problemas bajo condiciones de incertidumbre. Descartes, Newton, Polya, Simon y otros han realizado importantes aportes en el campo de la resolución de problemas. A pesar de los esfuerzos realizados la forma de presentación de los problemas a los estudiantes, así como los procesos cognitivos asociados a la resolución de problemas continúa siendo un problema no estructurado y de difícil solución.

Desde el punto de vista etimológico, el concepto **problema** proviene del latín y significa: proposición o dificultad de solución dudosa; conjunto de hechos y circunstancias que dificultan la consecución de algún fin; proposición dirigida a averiguar o modo de obtener un resultado cuando ciertos datos son conocidos. Por su parte, el concepto solución significa acción o acto de desatar una dificultad; acción o efecto de resolver una duda o dificultad. Por tanto, existe un problema cuando la persona que aprende está enfrentando a una situación que no pueda resolver de inmediato. Tener un problema implica tener, al menos, cierta información sobre las características y la estructura del problema en cuestión u objeto de análisis.¹

Se necesita informar sobre el objetivo del proceso de resolución del problema analizado, las condiciones que deben resolver el problema, o sea, por medio de qué instrumentos y operaciones, partiendo de las informaciones iniciales, y con qué recursos se debe resolver el problema. De forma matemática, es posible decir que un problema puede ser representado mediante la expresión siguiente:

< Dada V, se exige obtener W > o también : < V ; W >

donde:

V: Condiciones dadas.

W: Objetivo a alcanzar.

V: Puede ser descompuesto en Vs conjunto de las posibles situaciones de cierto objeto.

Vp: Conjunto de los operadores, que permitan transformar o objeto de una situación a otra.

El objetivo W define la situación concreta o deseada del objeto. El objetivo W no es único y se puede expresar mediante un conjunto de situaciones o su secuencia en el tiempo.

El concepto de estructura del problema también resulta un concepto de sumo interés tanto desde el punto de vista teórico como práctico. Simon precisa un conjunto de criterios para definir la estructura de un problema. Ellos son los siguientes:

1. La existencia de un espacio de problemas con un estado inicial definido y todos los estados intermedios posibles.

2. Todas las transformaciones de estado pueden ser representadas en un espacio de problemas.

3. Todo el conocimiento relevante se puede representar en un espacio de problemas.

4. Los problemas abarcan las acciones del mundo real de acuerdo con las transformaciones de estado y sus efectos.

En relación con los elementos anteriormente analizados, el principio de la máxima estandarización de las soluciones del

software desarrollado posee significativa importancia en la creación de los STIM. Ese principio formula la idea de procura soluciones que sean adaptables a un número significativo de objetos.

La proyección de los STIM es un proceso multietapas que se desarrolla durante varios años. Por esa razón, es necesario que los grupos de investigación y desarrollo no limiten su análisis las condiciones concretas de un sistema en específico, si no que traten de alcanzar un nivel adecuado de generalización. Debido a eso, es conveniente establecer, durante el desarrollo, una clara diferencia entre los elementos generales y un número significativo de objetos y los elementos particulares en cada uno de ellos. Esa investigación permitirá, posteriormente, la adaptación racional del sistema a otros sistemas pertenecientes al área de conocimiento donde se realiza el proceso de automatización o a otras áreas del conocimiento donde existan sistemas, subsistemas tareas o módulos análogos.

En el proceso de realización del proyecto, se deben analizar cuidadosamente los parámetros de los objetos donde se desea realizar el proceso de clasificación, de forma tal, que puedan formar la base de cálculo necesaria. Ese aspecto resulta de gran importancia durante el proceso de estructuración de los problemas y, sin duda, durante el proceso de resolución de problemas. La experiencia alcanzada durante el desarrollo de diferentes pruebas muestra que los criterios y evaluaciones subjetivas de los especialistas consultados (peritos), tienden a converger durante el proceso de investigación. De esta forma, se pueden determinar los parámetros más representativos para la adecuada descripción de la estructura de un problema en específico, y sobre esta base realizar, posteriormente, su clasificación.

DESARROLLO

En los últimos años ha crecido significativamente el número de investigaciones con el objetivo de clasificar adecuadamente los objetos de automatización. Debe entenderse por solución de un problema de clasificación, al establecimiento de las reglas de relación sobre la base de las mediciones de números características y la elaboración de los criterios para la descripción de las clases.

En el caso específico de los sistemas tutoriales inteligentes multimedia los procesos de clasificación poseen significativa importancia desde varios puntos de vista. En otras palabras, el desarrollo de un STIM requiere la utilización de los métodos de clasificación en: Los problemas que se presentarán al estudiante y la caracterización del estudiante.

Caracterización del estudiante

La entrada del estudiante al STIM implica su identificación. Para ello el sistema solicita su nombre y apellidos, sexo, año y semestre académico y otros datos de interés. Además, el sistema asigna a cada estudiante un código de referencia.

Cuando el estudiante comienza a resolver problemas comete un conjunto de errores. Estos errores pueden ser de comprensión numéricos y conceptuales.

En relación con lo anterior, surgió la idea de almacenar toda la información relacionada con la eficiencia del estudiante en el proceso de resolución de problemas en una base de datos, y desarrollar un conjunto de algoritmos estadísticos para procesar a información.

De esta forma, el sistema es capaz de analizar dinámicamente el comportamiento de cada estudiante, conocer sus errores más frecuentes e incluso puede pronosticar su comportamiento futuro. Para ello es necesario utilizar un clasificador de errores que de forma dinámica clasifique el comportamiento de cada estudiante en función de los errores cometidos durante la resolución de cada problema, así como el tiempo utilizado en ella. En la medida que el estudiante aprende y perfecciona sus hábitos y habilidades en el proceso de resolución de problemas su eficiencia se incrementa y por lo tanto su comportamiento cambia. Por esta razón, el clasificador debe operar de forma dinámica.

De acuerdo con lo anterior, el módulo Tutor cuenta con una herramienta eficaz para la realización de su trabajo, para decidir la estrategia a seguir, para determinar cuándo estimular el trabajo del estudiante, cuándo interrumpir su actividad, así como el tipo de retroalimentación que se debe producir en cada instante.

Durante la ejercitación registra y almacena los resultados de la interacción del estudiante con Óptima. Basado en esta información el sistema determina el aprendizaje del estudiante en función de las habilidades adquiridas durante las sesiones de trabajo. Una de las premisas de la presente investigación es desarrollar una concepción de trabajo de lo general a lo particular y de lo simple a lo complejo. Ello implica que los problemas propuestos a los estudiantes se clasifiquen por niveles de generalidad y complejidad. El solucionador de problemas es el módulo encargado de obtener la solución cuantitativa y gráfica de los problemas y el análisis paramétrico de algunos tipos de problemas.

La selección de los problemas propuestos basados en la eficiencia demostrada por el estudiante constituye una de las cualidades fundamentales de los STIM. En relación con ello, el archivo o banco de problemas fue diseñado de forma tal que está dividido en clases o niveles de complejidad en función del tiempo. Las clases se organizan de acuerdo con el nivel de complejidad de los problemas a resolver y de acuerdo con el nivel de desarrollo alcanzado por el estudiante. Con este objetivo fue desarrollada una herramienta denominada Clasifica (figura 1) que tiene por objetivo en primer lugar determinar los niveles de complejidad más adecuados para cada uno de los elementos del universo de problemas (figuras 2 y 3) acumulados en el archivo o banco de problemas y por otra parte determinar las habilidades del estudiante en la resolución de problemas. La experiencia pedagógica basada en las ideas de Descartes, Comenius y De la Luz en la resolución de problemas ha demostrado que cuando el individuo se enfrenta a un problema de alta complejidad, una de las vías fundamentales consiste en dividir el problema en subproblemas más sencillos y tratar de resolverlos. Se ha demostrado que este método incrementa la eficiencia en el proceso de resolución de problemas. Por ello, una de las cualidades más importantes del software desarrollado consiste precisamente en la posibilidad de dividir cada situación problemática propuesta en subproblemas (divide y vencerás).

Clasificación por computadora

La clasificación de los objetos y problemas de enunciado en diferentes niveles de complejidad, de acuerdo con las características de cada problema en específico, constituyen un interesante problema en la ciencia de la computación.^{2,3}

Se puede definir un problema en función de un conjunto de parámetros. Para ello, es preciso definir ese conjunto en un dominio o área de conocimiento dado. Eso requiere que se realice una consulta a grupos de especialistas en el área del conocimiento del objeto de análisis, con el objetivo de establecer los parámetros más representativos para el conjunto de problemas.

A continuación se propone un método para dividir en n niveles de complejidad los diferentes objetos a partir del comportamiento de los parámetros utilizados para caracterizarlos. En el presente artículo, se propone un método de clasificación mediante la utilización de la computación electrónica. En específico, fue desarrollada una herramienta (un software) que toma como base el lenguaje de programación DELPHI versión 4.0 de Borland. En ella se utiliza el método de clasificación siguiente:

Supóngase que existen m objetos los cuales se desea clasificar en clases de acuerdo con diferentes parámetros, objetivos y (o) subjetivos sobre su actividad. De acuerdo con ello, resulta factible diseñar una matriz inicial. Sea, $A = \| A_{ij} \|$, donde $i = 1, 2, \dots, n$ (tabla 1). Aquí, A_{ij} es el valor correspondiente al objeto i .

Se debe notar que en la tabla propuesta existen evaluaciones objetivas y subjetivas. Sobre todo, estas últimas requieren un tratamiento especial. En el presente trabajo se propone la utilización de un conjunto de métodos para realizar una evaluación o análisis científico de los valores de los parámetros que necesitan valoraciones subjetivas. Entre esos métodos se encuentran los siguientes:

1. Método DELPHI.
2. Método Matriz de Peritaje (Expertos) y la utilización del coeficiente de Kendall para unificar criterios.
3. Método Electra.

TABLA 1
Matriz de los parámetros de un conjunto de objetos (problemas)

Problemas	Parámetros			
	1	2	...	N
1	A_{11}	A_{12}	...	A_{1N}
2	A_{21}	A_{22}	...	A_{2N}
...				
i	A_{i1}	A_{i2}	...	A_{iN}
.				
.				
.				
M	A_{M1}	A_{M2}	...	A_{MN}

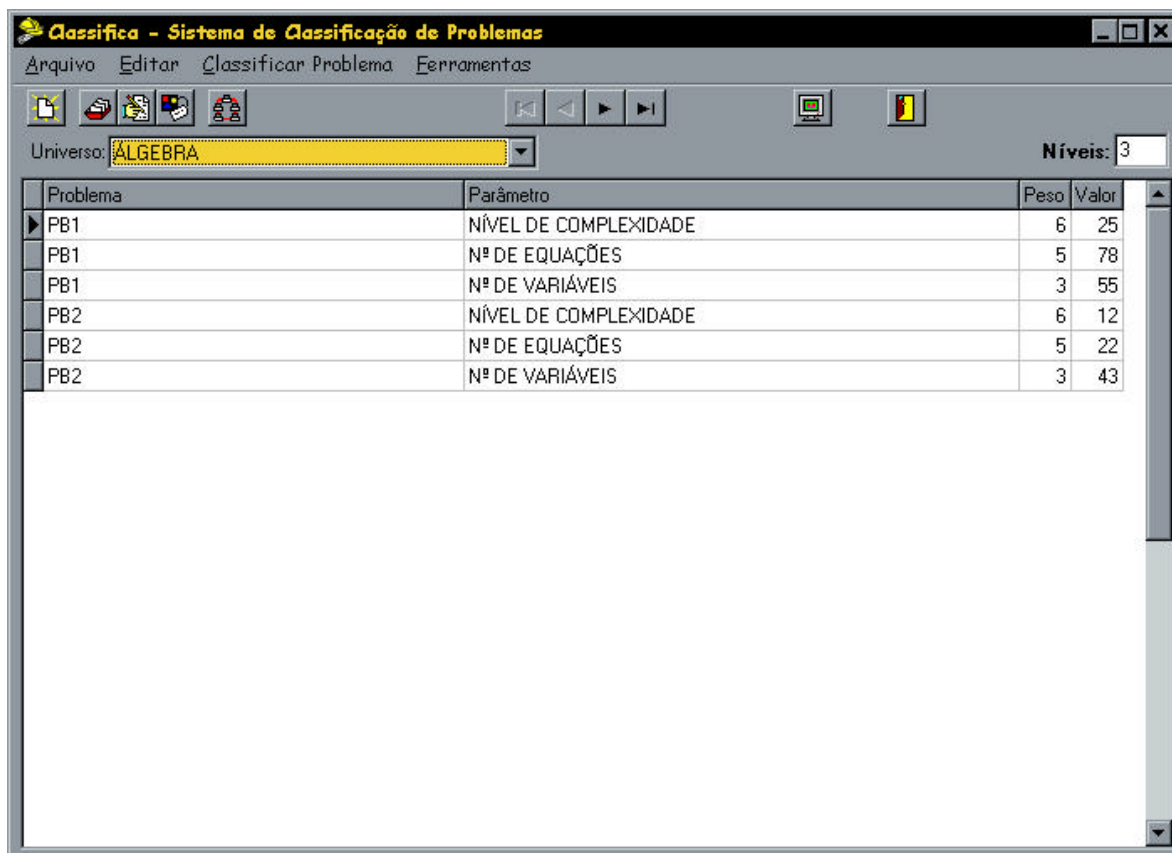


Fig. 1 Interfaz de la herramienta Clasifica.

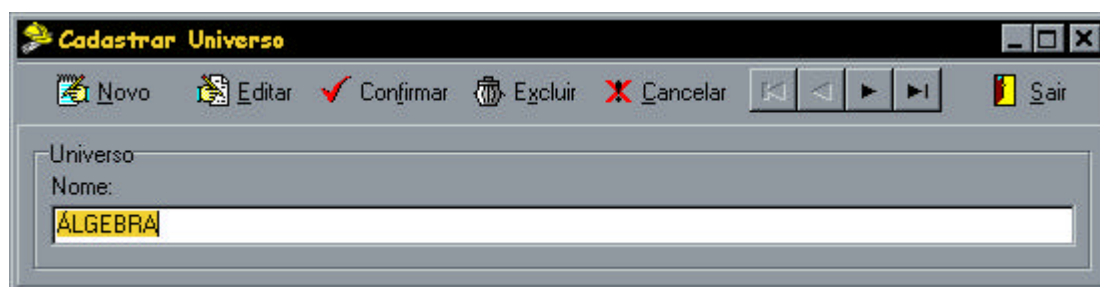


Fig. 2 Ventana para crear un nuevo universo de problemas.

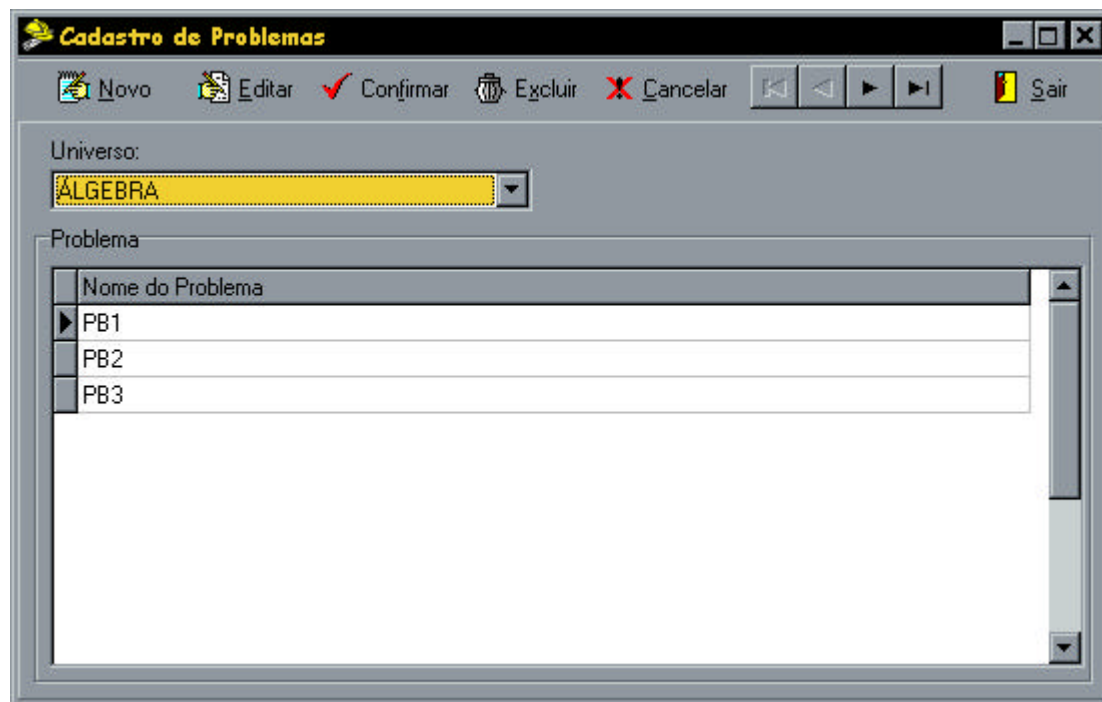


Fig. 3 Ventana de problemas referentes al universo de problemas.

Procedimiento

Se selecciona para cada columna J de la matriz $A = \| A_{ij} \|$ los valores :

$\max \{ A_{ij} \}$ e $\min \{ A_{ij} \}$

Se determina la diferencia entre $\max \{ A_{ij} \}$ e $\min \{ A_{ij} \}$.

Se calcula el valor medio A_{ij} dado por:

$$A_{ij} = [\max \{ A_{ij} \} - \min \{ A_{ij} \}] / 2$$

Se clasifica el conjunto de objetos (problemas) en función de su localización. Para ello, son definidos n intervalos de variación o niveles de complejidad de los problemas.

Una vez clasificados, los objetos en función de cada parámetro j , se efectúa su ubicación definitiva en un grupo dado. Ese grupo puede ser ejecutado de diversas formas.

En el método propuesto se analiza un parámetro j cualquiera de los n parámetros existentes. A partir de ese análisis se puede establecer una estratificación de los problemas analizados en n niveles de complejidad. Luego, se repite el proceso para cada uno de los $n-1$ parámetros restantes. Cuando se hayan analizado todos los parámetros, será preciso decidir en qué nivel de complejidad colocar un problema P_i ($i = 1, 2, \dots, m$) dentro del conjunto de los problemas existentes. Para eso, se pueden utilizar diferentes métodos de selección:

1. Colocar en el nivel de complejidad que más se repite (mediana).

2. Seleccionar el nivel de complejidad de acuerdo con los métodos de la teoría de decisión.

El sistema propuesto puede ser considerado como un sistema abierto, o sea, un sistema que permita la inclusión de diferentes métodos de toma de decisiones ante situaciones problemáticas diversas. Así, por ejemplo, pueden ser utilizados métodos y criterios de toma de decisión, tales como: criterio optimista, criterio pesimista (o de Wald), criterio de Laplace, criterio de savage, criterio de Hurwicz y otros. El análisis integral de esos criterios permite seleccionar la alternativa de decisión más conveniente en diferentes situaciones de toma de decisiones.

En 1994 fue desarrollado, de forma experimental, un clasificador de problemas en el Centro de Estudios de Ingeniería de Sistemas (CEIS) del ISPJAE. Ese clasificador ha sido utilizado en diferentes disciplinas académicas, tales como: Matemática, Física, Química, Biología, y otras, así como también, para clasificar objetos de dirección, tales como en empresas azucareras, objetos de transporte, etc. La esencia del clasificador de problemas es de carácter universal. La herramienta desarrollada se puede utilizar para clasificar diferentes objetos y problemas, siempre que sea posible expresarlos en función de parámetros y pesos para evaluar su importancia específica.⁴

Peso

Para llegar a una decisión, la persona que toma la decisión precisa combinar los valores para diferentes parámetros o atributos, en orden, para lograr una visión general de beneficios, que cada alternativa tiene para ofrecer. Un método de apreciación intuitiva de alcanzar eso es mediante la definición de pesos para cada parámetro o atributo, o sea, reflejar la importancia para la persona que toma la decisión.

Parámetros o atributos

Un parámetro o atributo (figura 4) es usado para medir la eficiencia en relación con un determinado objetivo, por ejemplo, si se tiene como objetivo maximizar el tiempo de exposición de las personas ante la televisión, es posible definirlo como atributo "Número de personas entrevistadas que declaran estar viendo la televisión", para medir el grado en que cada objetivo es alcanzado. Algunas veces, es preciso usarlo como atributo, lo cual no tendrá relación directa con el objetivo. Así, un atributo es referenciado por un próximo atributo. Por ejemplo, la compañía podrá usar un atributo próximo llamado: "la estructura jerárquica de la empresa fue cambiada" para medir en qué magnitud están siendo

alcanzados sus objetivos de maximizar la satisfacción del trabajo por los dirigentes.

Los atributos iniciales identificados por la persona que toma la decisión pueden ser vagos y luego se pueden precisar, se dividen en atributos más específicos antes de que ellos puedan ser transformados en números. Esos valores numéricos (figura 5) pueden entonces ser usados para medir la eficiencia de alternativas en cada atributo.

Los resultados obtenidos han sido evaluados satisfactoriamente por los especialistas en las diferentes áreas de conocimiento. A pesar de los resultados obtenidos anteriormente, las evaluaciones subjetivas del clasificador no han recibido un tratamiento adecuado desde el punto de vista científico. Debido a eso, en el presente trabajo se propone la utilización del método Delphi, del método de matriz de peritaje (expertos), del método electra y otros métodos de trabajo científico que permitan obtener evaluaciones más rigurosas desde el punto de vista científico, y que por otra parte, permitan reducir el tiempo de procesamiento con un nivel de calidad aceptable. Se trata pues, de desarrollar una herramienta que permita clasificar objetos y problemas de enunciado partiendo de la definición de sus

Nome do Parâmetro	Peso
Nº DE VARIÁVEIS	3
Nº DE EQUAÇÕES	5
NÍVEL DE COMPLEXIDADE	6

Fig.4 Ventana para la inclusión de parámetros.

Fig. 5 Ventana para la inclusión de valores.

parámetros fundamentales, y de la evaluación subjetiva de la importancia relativa (peso) que posee cada parámetro dentro del conjunto de los parámetros definidos. Una herramienta (*software tool*) que permita reducir el tiempo de procesamiento de las evaluaciones subjetivas e incrementa su rigor científico, mediante la utilización de métodos científicos.

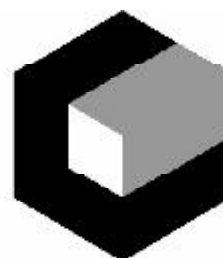
CONCLUSIONES

Se analizó el concepto de problema y estructura de problema. Partiendo de esa concepción, se formuló la idea de definir la estructura de los problemas de acuerdo con un conjunto de parámetros y un conjunto de criterios, sobre la importancia relativa de esos parámetros dentro del conjunto de los parámetros definidos por los peritos. De acuerdo con eso, se aborda el problema de la clasificación de objetos y problemas de enunciado. Finalmente, se propuso e implementó una herramienta que permite automatizar los cálculos del proceso de clasificación de objetos / problemas de enunciado.

La herramienta desarrollada permite el procesamiento de las valoraciones subjetivas mediante diferentes métodos de peritaje (métodos de expertos), entre ellos se encuentran los siguientes: método Delphi, método da matriz de peritaje (*expert*), método Electra, y otros métodos. Debido a ello, la herramienta desarrollada posee un gran nivel de adaptación y flexibilidad. La herramienta fue programada en Delphi 4.0 y puede ser fácilmente programada en otros lenguajes de programación, tales como Java, C++, etc. Clasifica ha sido utilizada para clasificar diferentes objetos y problemas de enunciado. En el área educacional ha sido aplicada en disciplinas tales como, Matemática, Física, Química, Biología y otras. □

REFERENCIAS

1. CORNER, J.; J. BUCHANAN AND M. HENIG: An Integrated Model of Problem Structuring. <http://www.mngt.waikato.ac.nz/depts/mnss/john/ProbStruAbs.html>.
2. MAXROV, N.V.; A. A. MODIN Y E.GYAKOVENKO: *Parámetros para el diseño de los modernos sistemas automatizados de dirección de empresas*, Cap. 3, pp. 39-71, Editorial NAUKA, Moscú, 1974.
3. GARAY, M. A. Y C. SOTOLONGO: "Método para la clasificación de empresas por computadoras, *Ingeniería Industrial*, ISPJAE, Ciudad de La Habana, Cuba, Junio, 1982.
4. CHIANG L.: *Clasificador de problemas*, Congreso Internacional Informática 94, Palacio de las Convenciones, Pre-prints, Ciudad de La Habana, Cuba, 1994.



Instituto Superior Politécnico
José Antonio Echeverría
cujae