

Evaluación de mapas conceptuales en asignaturas de informática utilizando métricas objetivas

Carlos T. Calafate, Juan Carlos Cano, Pietro Manzoni

Dpto. de Informática de Sistemas y Computadores
Escuela Técnica Superior de Informática Aplicada
Universidad Politécnica de Valencia
E-mail: {calafate, jucano, pmanzoni}@disca.upv.es

Resumen

Los Mapas Conceptuales han sido utilizados desde hace bastante tiempo y sus principios han dado lugar a diferentes teorías de aprendizaje. Cuando éstos son utilizados como una herramienta para evaluar el aprendizaje, su utilización reporta importantes beneficios, debido a que permiten que el alumno exprese de una forma natural su árbol mental de conceptos asimilados. Sin embargo, el proceso de evaluación de los mismos conlleva un importante grado de subjetividad, el cual debería ser reducido para promover su utilización. En este trabajo, proponemos separar el proceso de evaluación de mapas conceptuales, siguiendo los mismos pasos utilizados para la creación de los mismos, utilizando además métricas objetivas para dar una puntuación a cada uno de los pasos utilizados en su elaboración. Se propone una fórmula que combina las puntuaciones intermedias para obtener la puntuación final del mapa conceptual. La técnica de evaluación propuesta ha sido validada utilizando diferentes mapas conceptuales de estudiantes que han sido evaluados utilizando o no la técnica aquí propuesta. Los resultados muestran que la técnica propuesta permite reducir la alta variabilidad de las evaluaciones realizadas por diferentes instructores, permitiendo además reducir considerablemente el esfuerzo necesario en el proceso de evaluación.

1. Introducción

Los mapas conceptuales fueron inicialmente introducidos por Novak [10-12] hace ahora algunas décadas. Éstos consisten en estructuras flexibles que permiten crear relaciones significativas entre conceptos clave mejorando así el proceso de aprendizaje y la adquisición de conocimiento en general. Desde su propuesta

inicial, éstos han recibido mucha atención por parte de expertos e investigadores de todo el mundo. De hecho, los mapas conceptuales se han utilizado en diversas áreas de conocimiento con propósitos tan diversos tales como: herramientas de traducción lingüística [16], que permiten simplificar los procesos de traducción entre diferentes lenguajes, como herramientas de ayuda en la resolución de conflictos inter-personales [4], como herramienta de mejora de búsquedas en la Web [8], e incluso para mejorar las misiones de exploración del planeta Marte [5].

Evaluar el proceso de aprendizaje de los estudiantes utilizando mapas conceptuales puede resultar muy interesante, debido a que permiten que el alumno exprese de una forma natural su árbol mental de conceptos asimilados, ofreciendo así al instructor una perspectiva Ausubelian del conocimiento adquirido [3]. Adoptar una estrategia de evaluación como ésta, centrada en el estudiante, también ayuda a detectar errores comunes así como a eliminar puntos débiles del proceso de aprendizaje del estudiante.

Sin embargo, cuando se utilizan los mapas conceptuales como base del proceso de aprendizaje, se debe disponer de las herramientas necesarias para garantizar una evaluación lo más objetiva posible de los mismos.

Uno de los primeros trabajos en el área de la evaluación de mapas conceptuales fue propuesto por Cronin et al. [14] en 1982. Más recientemente, Temple and Marshall [17] han propuesto una estrategia de evaluación basada en el número de conceptos y el número de relaciones que aparecen en el mapa conceptual. Autores como Ozdemir [13] han experimentado un proceso de validación de mapas conceptuales comparando su utilización con respecto a técnicas de evaluación tradicionales. Los autores muestran en [13] que las notas obtenidas por los estudiantes utilizando ambos métodos fueron bastante similares.

Uno de los principales inconvenientes de la evaluación de mapas conceptuales es el alto grado de subjetividad que conlleva asignar una determinada calificación a un determinado mapa conceptual. De hecho, diferentes instructores evaluando un mismo conjunto de mapas conceptuales son propensos a asignar diferentes calificaciones dentro de un rango amplio de valores. Además, incluso en el caso de que un mismo instructor repitiese una misma evaluación, el resultado de la misma puede también variar de forma importante. Estos datos, evidencian la elevada variabilidad en la evaluación de los mapas conceptuales utilizando métodos clásicos de evaluación.

En este trabajo se propone introducir métodos de evaluación de mapas conceptuales más objetivos. Se propone una estrategia que ayuda al instructor en la evaluación del mapa conceptual. La estrategia propuesta se ha aplicado en un curso de Redes de Computadores de la Titulación de Documentación en la Universidad Politécnica de Valencia. La técnica propuesta consiste básicamente en separar el proceso de evaluación de mapas conceptuales, siguiendo los pasos utilizados para la creación de los mismos proponiendo una serie de métricas objetivas para evaluar cada una de las fases. A partir de las métricas intermedias se propone una fórmula que permita obtener la puntuación final del mapa conceptual. La técnica de evaluación propuesta ha sido validada utilizando diferentes mapas conceptuales de estudiantes. Los resultados muestran que la técnica propuesta permite reducir la alta variabilidad de las evaluaciones realizadas por diferentes instructores, reduciendo así la imparcialidad del proceso de evaluación. La técnica propuesta también permite reducir considerablemente el esfuerzo necesario en el proceso de evaluación.

El resto del trabajo se organiza como sigue: en la siguiente sección se presenta el trabajo relacionado. En la Sección 3 se presenta un breve resumen sobre mapas conceptuales, destacando sus características más relevantes. El núcleo del trabajo se presenta en la Sección 4, donde se propone una técnica sistemática para evaluar mapas conceptuales, evitando la elevada variabilidad de la evaluación de los mismos. La validación de la propuesta se realiza en la Sección

5 y finalmente la Sección 6 presenta las conclusiones de este trabajo.

2. Trabajo relacionado

En un trabajo anterior [6] se realizó un experimento pionero en la Universidad Politécnica de Valencia, cuyo propósito fue evaluar los estilos de aprendizaje de nuestros estudiantes. Dicho estudio se basó en la teoría de aprendizaje propuesta por Felder y Silverman [15], que caracteriza el estilo de aprendizaje de los estudiantes de acuerdo a cuatro dimensiones: activo/reflexivo, sensitivo/intuitivo, visual/verbal y secuencial/global.

Sobre la base de este estudio, en [7] se procedió a adaptar la asignatura Organización de la Información y Redes, que es una asignatura optativa de la Licenciatura en Documentación (Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Valencia), al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

Uno de los desafíos fue encontrar una metodología de evaluación especialmente adaptada a las características del curso. Para la evaluación de la parte teórica del curso se seleccionó la utilización de mapas conceptuales. Éstos son capaces de captar el grado de comprensión que tienen los estudiantes acerca de los diferentes conceptos implicados, permitiendo su ampliación sin mucho esfuerzo. Además, el estudio anteriormente comentado sobre los estilos de aprendizaje demostró que la mayoría de los estudiantes de dicha titulación presentan características de aprendizaje secuencial, tendencia que puede ser complementada con la utilización de mapas conceptuales. El desarrollo de mapas conceptuales fuerza a los estudiantes a adquirir una visión global de los conceptos estudiados, promoviendo un modelo de aprendizaje intuitivo. Consideramos pues, que la utilización de los mismos puede afectar de forma positiva al proceso de aprendizaje.

Con este propósito, se aconseja la utilización de la herramienta CMAP [9] debido a que se puede utilizar de forma gratuita, está disponible para diferentes plataformas, y además ha sido especialmente diseñada para apoyar el desarrollo de mapas conceptuales. En cuanto al mecanismo utilizado en el proceso de evaluación de los mismos se tiene en cuenta la precisión,

complejidad y completitud de los mismos. Estos mapas representan un 40% de la puntuación final obtenida por el estudiante.

La evaluación de los mapas conceptuales es una tarea subjetiva, propensa a sufrir una alta variabilidad debido a parámetros tales como: (i) el evaluador (diferentes profesores pueden asignar diferentes resultados), (ii) el tiempo (un mismo evaluador puede asignar diferentes resultados en diferentes momentos de tiempo) y (iii) las circunstancias (por ejemplo, la evaluación de unos mapas conceptuales mal diseñados pueden afectar de forma excesivamente positiva a otros mapas que aún sin estar perfectos mejoran los anteriores y viceversa). Por lo tanto, hemos considerado conveniente desarrollar un sistema alternativo que permita evaluar los mapas conceptuales de una forma más objetiva.

3. Mapas Conceptuales

En la década de los 70, Joseph D. Novak y su equipo de investigación de la Universidad de Cornell desarrollaron la técnica de mapas conceptuales. El propósito fue el encontrar un método de representación de diferentes conceptos así como las relaciones de los mismos. Desde entonces esta técnica ha sido utilizada como una herramienta que permite mejorar de forma significativa el aprendizaje en diferentes ámbitos, así como representar de forma experta el conocimiento adquirido de individuos y colectivos en ámbitos tan variados como educación, gobierno y empresas.

El trabajo de Novak se basa en las teorías cognitivas de David Ausubel [3] (teoría de la asimilación), quien destacó la importancia del conocimiento previo como base para ser capaces de aprender nuevos conceptos.

Un mapa conceptual es una forma de representación de las relaciones entre ideas, imágenes y palabras. En un mapa conceptual, cada palabra o frase está conectada a otra palabra o frase y está vinculada con la idea original, palabra o frase. Los mapas conceptuales son una manera de desarrollar el pensamiento lógico y las habilidades de estudio. Éstos permiten establecer relaciones entre conceptos y ayudan al estudiante a conectar las ideas individuales como parte de un ámbito más amplio.

Los mapas conceptuales fueron desarrollados para mejorar el aprendizaje. A diferencia de los mapas mentales, los cuales están a menudo limitados por las ideas que surgen a partir de una imagen central, los mapas conceptuales pueden desarrollarse y crecer dentro de un contexto definido por un marco. Hay evidencias que demuestran que el conocimiento se almacena en el cerebro en forma de producciones que actúan en forma de conceptos declarativos, conocidos también como proposiciones [2] [1]. Dado que los mapas conceptuales reflejan la organización de un sistema de memoria declarativa, éstos facilitan la formulación y el aprendizaje significativo por parte de los individuos que los implementan y los utilizan.

Entre los diversos esquemas y técnicas para la visualización de ideas, procesos, y organizaciones, los mapas conceptuales propuesto por Novak son únicos en base filosófica, que “hacen de los conceptos, proposiciones e ideas los elementos centrales en la estructura del conocimiento y la construcción de información” [10-12].

La Figura 1 muestra un ejemplo de mapa conceptual que define la idea misma de mapa conceptual. El objetivo es describir la propia idea de mapa conceptual utilizando sus propias capacidades de organización de conceptos. Como puede verse, los conceptos están representados dentro de los rectángulos redondeados, éstos a su vez se encuentran relacionados entre ellos mediante conectores, los cuales deben contener un verbo o una preposición que permita que ambos conceptos se relacionen de una forma global.

4. Métricas objetivas para la evaluación de mapas conceptuales

Una característica importante de los mapas conceptuales es que tienden a ser únicos para cada estudiante. Esto significa que los distintos estudiantes nunca proporcionan una misma representación de un mismo campo de estudio, no importa si estudiaron juntos, a qué clase asistieron o si hacían los mismos ejercicios. Tal singularidad ayuda a prevenir que los estudiantes copien el trabajo de otros estudiantes, lo cual les obliga a dedicar una cantidad significativa de tiempo y esfuerzo a dicha tarea.

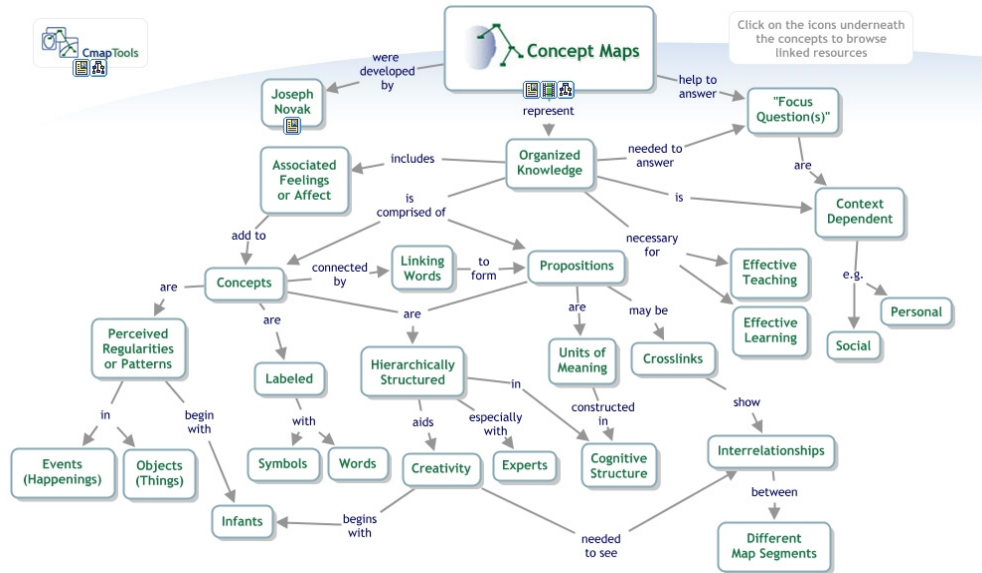


Figura 1. Ejemplo de mapa conceptual describiendo su propio concepto. Proporcionado por el *Institute for Human and Machine Cognition (IHMC)*.

Sin embargo, también impide que el instructor pueda hacer una rápida evaluación de su trabajo ya que el objeto de la evaluación no es simplemente correcta o incorrecta, sino que es más compleja, elaborada y precisa de una relación directa con la interiorización y la comprensión del estudiante acerca de los conceptos que son objeto de su estudio. Por lo tanto, el proceso de evaluación es propenso a ser complejo, consume una gran cantidad de tiempo y, en general, es bastante subjetivo.

En esta sección se propone un conjunto de indicadores que permiten hacer el proceso de evaluación mucho más objetivo, reduciendo así la variabilidad debida a los diferentes factores que intervienen. La técnica consiste básicamente en dividir el proceso de evaluación en diferentes etapas, definiendo un conjunto de criterios y heurísticas para evaluar cada uno de estos pasos. La propuesta de la fragmentación del proceso de evaluación tiene en cuenta las diferentes partes implicadas en la creación de mapas conceptuales propios. A partir de las métricas intermedias se presenta una fórmula que pondera las puntuaciones individuales obteniendo una calificación final completa.

4.1. Número y relevancia de los conceptos

El primer paso que se debe seguir al realizar un determinado mapa conceptual que describe, por ejemplo, una unidad temática de un determinado curso, consiste en discriminar los conceptos significativos del resto de conceptos a fin de que éstos formen el esqueleto del mapa conceptual creado. Evidentemente, los conceptos secundarios también pueden ser incluidos y, de hecho, ofrecen más riqueza al mapa conceptual elaborado. Así pues, el primer paso que debe seguir el instructor consiste en determinar cuáles son los conceptos más importantes que el estudiante no debe obviar. Sea N el número de conceptos significativos.

Al analizar el mapa conceptual propuesto por un estudiante, el instructor deberá en primer lugar determinar el número de conceptos principales o esenciales (n_e) y secundarios (n_s). Utilizando estos indicadores, se propone utilizar la siguiente ecuación para obtener un primer indicador objetivo relacionado con el número de conceptos que incluye el mapa conceptual.

$$S_1 = \frac{n_e}{N} \cdot \log_N(n_e + n_s) \quad (1)$$

También es importante definir un valor máximo (M_I), a criterio del evaluador, el cual debería ser la relación máxima entre n_e y n_s para lograr la máxima puntuación. Por ejemplo, si tenemos en cuenta que para obtener la máxima puntuación es suficiente con considerar el doble de conceptos secundarios en comparación con los conceptos esenciales, entonces el valor de M_I sería:

$$M_I = \log_N(N + 2 \times N) \quad (2)$$

De esta manera, definimos criterios de evaluación tanto cuantitativos como cualitativos de los conceptos que aparecen en el mapa conceptual. Pasamos ahora a la evaluación de las relaciones entre dichos conceptos.

4.2. Grado y precisión de las relaciones

El segundo paso al crear un mapa conceptual es relacionar los distintos conceptos para construir una estructura de información. Por lo general, una construcción lineal, sin bucles y un número reducido de relaciones se puede considerar como una mala construcción, que carece de la riqueza que se espera de un mapa conceptual bien diseñado. Sin embargo, no todos los conceptos tienen porqué estar relacionados con otros conceptos, por lo que el número óptimo de las relaciones suele ser mucho menor que el límite superior (R_{max}) de conexiones entre conceptos. Observe que este límite superior es el siguiente:

$$R_{max} = \frac{n \cdot (n-1)}{2} \quad (3)$$

donde n hace referencia al número total de conceptos involucrados, es decir:

$$n = n_e + n_s \quad (4)$$

Proponemos un indicador para evaluar el grado de interrelación (DM) del mapa, el cual expresa la relación entre el número total de relaciones (r) con el número mínimo posible (R_{min}) utilizando la siguiente ecuación:

$$DM = \frac{r}{R_{min}} = \frac{r}{N-1} \quad (5)$$

Tomando como ejemplo el mapa conceptual presentado en la Figura 1, donde el número total de conceptos es $n = 28$ y el número total de

relaciones es $r = 36$, el grado de interrelación obtenido es $DM = 4/3$; un valor que puede considerarse elevado. Tomando este ejemplo como referencia, se propone la siguiente puntuación de interrelación (MS), la cual dependerá del valor obtenido en DM :

$$MS = \begin{cases} 0.8 & \Leftarrow DM < 1.1 \\ 0.9 & \Leftarrow 1.1 \leq DM < 1.2 \\ 1 & \Leftarrow DM \geq 1.2 \end{cases} \quad (6)$$

Además del grado de interrelación, el cual es una métrica completamente objetiva, también se debe utilizar una evaluación cualitativa de las relaciones propuestas. Este nuevo indicador, denominado indicador de precisión (AR) tomará un valor entre cero y uno y será asignado por el instructor a partir de la evaluación parcial subjetiva de la precisión de las relaciones propuestas. Así, mientras que el indicador DM intenta detectar si la cantidad de relaciones entre conceptos permiten una fuerte interrelación entre los mismos, la métrica RA refleja la coherencia de tales relaciones. Una sencilla manera de obtener un valor para el indicador AR sería calcular el porcentaje de relaciones definidas correctamente. Sin embargo, cuando las relaciones son correctas pero están mal definidas, dicho criterio no resulta completamente correcto, lo cual requiere de una valoración más detallada por parte del instructor.

4.3. Otros factores de calidad

Además de los factores anteriormente presentados, los cuales están directamente relacionados con el concepto mismo de mapa conceptual, existen otros detalles relativos a la calidad del mapa y que demuestran la dedicación e interés mostrado por el estudiante. Tales detalles de calidad pueden incluir fuentes y gráficos diferenciados en función del concepto o relación representada así como relaciones con elementos externos al mapa tales como otros mapas, páginas Web o incluso aplicaciones. Todos estos elementos deben ser igualmente valorados.

El instructor debe, pues, establecer un criterio básico que pondere este factor de calidad (Q). Se propone asignar un valor entre cero y uno, en función de la calidad extra del mapa conceptual. Sin embargo, el instructor no debe invitar a un exceso de decoración del mapa conceptual que podría convertirse en un inconveniente en el caso

de que dichos elementos oculten la función principal del mapa conceptual.

4.4. Fórmula propuesta para la evaluación objetiva

Hasta ahora hemos descrito un conjunto de indicadores que están relacionados con cada uno de los tres pasos que forman parte de la elaboración de un mapa conceptual: (a) definición de conceptos, (b) relación entre conceptos y (c) introducción de elementos auxiliares de información (relieve, figuras, enlaces, etc.). A partir de dichas métricas, se propone ahora una fórmula que trata de integrar estos tres parámetros con el fin de asignar al estudiante una puntuación final. La fórmula propuesta es la siguiente:

$$Score(\%) = \alpha \cdot \frac{S_1}{M_1} + \beta \cdot MS \times RA + \chi \cdot Q \quad (7)$$

donde α , β y χ son pesos entre cero y uno asignados a cada uno de los tres componentes de la evaluación. Obviamente, estos tres pesos deben sumar uno, y se propone asignar un mayor peso a los dos primeros indicadores, asignando un peso residual a χ . En particular, para nuestros experimentos vamos a utilizar los siguientes valores: $(\alpha, \beta, \chi) = (0,5, 0,45, 0,05)$.

5. Validación de las métricas propuestas

El paso final ha consistido en validar las métricas propuestas mediante un conjunto de experimentos

cuyo propósito es evaluar la efectividad de nuevo método en la consecución de dos objetivos diferentes:

- Reducir la variabilidad de la evaluación de los diferentes instructores.
- Reducir la variabilidad de la evaluación asociada al tiempo y circunstancias en las que se realiza una determinada evaluación

Con estos objetivos en mente hemos establecido un marco experimental, donde reunimos los mapas conceptuales desarrollados por los estudiantes de dos años académicos distintos. Estos mapas conceptuales fueron evaluados posteriormente por cinco instructores, los cuales evaluaron cada uno de los mapas tanto utilizando como sin utilizar las métricas objetivas propuestas. Los resultados obtenidos se muestran en el siguiente diagrama de caja y bigotes.

Con respecto a la nota media de los diferentes mapas conceptuales, las dos cruces de la Figura 2 muestran que las diferencias son mínimas (alrededor del 3,5%). Las diferencias fueron también reducidas en términos de desviación estándar (1,325 frente a 1,315). Sin embargo, como se puede observar, la evaluación utilizando métricas objetivas, obtiene un rango de valores más amplio, a pesar de que el rango de valores entre el primer y el tercer cuartil es ligeramente reducido. Este hecho se debe a que el valor de kurtosis de la distribución se reduce a la mitad.

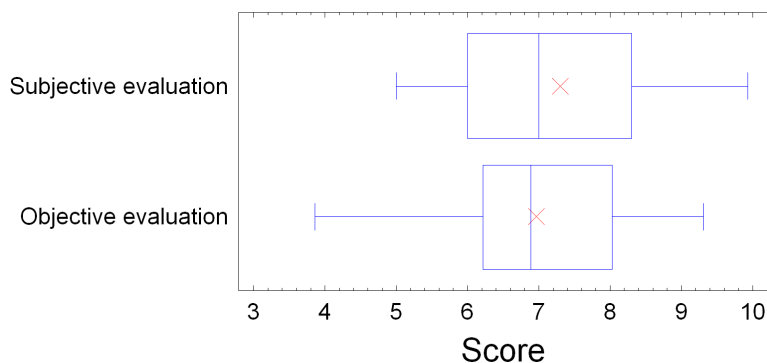


Figura 2. Diagrama de caja y bigotes que representa la calificación obtenida para los mapas conceptuales de los estudiantes mediante la evaluación objetiva y la tradicional.

<i>Métrica</i>	<i>Evaluación Subjetiva</i>	<i>Evaluación Objetiva</i>
Media	7.3	7.0
Desviación Estándar	1.12	0.82
Media. Diferencia Mín-max	2.76	1.94
Tope. Diferencia Mín-max	4.38	2.5

Tabla 1. Resumen de las mejoras obtenidas por las métricas objetivas en términos de reducción de las diferencias entre los diferentes instructores.

Con respecto a la variabilidad dependiente del instructor, la Tabla 1 muestra un resumen de los resultados obtenidos. Se observan mejoras significativas en la reducción de las diferencias obtenidas entre los diferentes instructores, cuando éstos utilizan las métricas objetivas propuestas.

La desviación estándar hace referencia a las calificaciones asignadas por los diferentes instructores. Como se observa, las métricas objetivas propuestas reducen dicha desviación estándar en un 27%.

En término de diferencias entre notas mínimas y máximas, los valores medios se han reducido en un 30%. Además, la diferencia máxima se redujo en un 1,88 puntos sobre 10 (se redujo de 4,38 a 2,5 puntos). Estos valores reflejan que para todos los mapas conceptuales evaluados, las diferencias entre las evaluaciones de dos instructores para dos mapas conceptuales determinados no fue nunca superior a 2,5 puntos sobre 10.

6. Conclusiones

En este trabajo se ha presentado una nueva estrategia para reducir la subjetividad asociada a la evaluación de los mapas conceptuales. La estrategia consiste básicamente en dividir el proceso de evaluación en diferentes etapas, definiendo un conjunto de criterios y heurística para evaluar cada uno de estos pasos de forma objetiva. La propuesta está completamente relacionada con las diferentes fases involucradas en la creación de un mapa conceptual. Se propone utilizar una fórmula que integre de una forma global las diferentes métricas intermedias para obtener una calificación del mapa más objetiva.

Para validar la fórmula propuesta se han utilizado diferentes mapas conceptuales desarrollados por los alumnos de la asignatura Organización de la Información y Redes de la Licenciatura en Documentación, de la

Universidad Politécnica de Valencia. La evaluación de los mismos tiene un peso del 40% de la nota final obtenida por el estudiante. Comparando los resultados obtenidos en la evaluación de los mismos se encontró que el uso de la propuesta que aquí se realiza permite reducir la variabilidad propia de este tipo de evaluación hasta en un 20%, lo que demuestra la eficacia del método en la reducción la subjetividad del proceso de evaluación. Además, se ha verificado que la utilización de las métricas objetivas, no se modifican de forma significativa tanto la nota media como la desviación estándar.

Como beneficio adicional, podemos decir que el método también permite reducir el esfuerzo del instructor, debido a que el método obtiene la puntuación final a partir de resultados intermedios mucho más objetivos.

En el futuro pretendemos integrar este procedimiento de evaluación en aquellas asignaturas que requieren del estudiante la realización de mapas conceptuales para evaluar el aprendizaje.

Agradecimientos

Agradecemos a la Escuela Técnica Superior de Informática Aplicada por el soporte económico en la publicación de este trabajo.

Referencias

- [1] Anderson, J. R., Byrne, M. D., Douglass, S., Lebiere, C., & Qin, Y. (2004). An Integrated Theory of the Mind. *Psychological Review*, 111(4), 1036–1050.
- [2] Anderson, J. R., & Lebiere, C. (1998). *The atomic components of thought*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- [3] Ausubel, D. P., *Educational psychology: A cognitive view*, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1968.

- [4] Beirute, L., and Mayorga, L. F., Los mapas conceptuales herramienta poderosa en la resolución alternativa de conflictos, In Proceedings of the 1st international conference on concept mapping, Vol. I, Universidad Pública de Navarra, Pamplona, Spain, 2004.
- [5] Briggs, G., Shamma, D. A., Cañas, A. J., Carff, R., Scargle, J., & Novak, J. D., Concept maps applied to Mars exploration public outreach, in Proceedings of the first international conference on concept mapping, Vol. I, Universidad Pública de Navarra, Pamplona, Spain, 2004, pp. 109-116.
- [6] Carlos T. Calafate, Juan Carlos Cano, Pietro Manzoni, "Assessing the learning styles of students from technical and non-technical careers: a comparative study", International Technology, Education and Development Conference (INTED 2007), Valencia, Spain. March 7-9, 2007.
- [7] Carlos T. Calafate, Juan Carlos Cano, Pietro Manzoni, "The path towards the European Higher Education Area: case study based on a two-stage course adaptation process", International Technology, Education and Development Conference (INTED 2008), Valencia, Spain. March 7-9, 2008.
- [8] Carvalho, M. R., Hewett, R., and Cañas, A. J., Enhancing web searches from concept map-based knowledge models, in Proceedings of SCI 2001: Fifth multiconference on systems, cybernetics and informatics. International Institute of Informatics and Systemics, Orlando, FL, USA, 2001, pp. 69-73.
- [9] Cmap tool. Available at: <http://cmap.ihmc.us/>.
- [10] Cañas, A. J., Novak, J. D. and González, F. M. (Eds.), Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping, Editorial Universidad Pública de Navarra, Pamplona, Spain, 2004.
- [11] Novak, J. D., A theory of education, Cornell University Press, Ithaca, NY, 1977.
- [12] Novak, J. D. Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ, 1998.
- [13] Ozdemir, A., Analyzing Concept Maps as an Assessment (Evaluation) Tool in Teaching Mathematics, Journal of Social Sciences, Vol. 1, No. 3, 2005, pp. 141-149.
- [14] Patrick J. Cronin, John Dekkers and Jeffrey G. Dunn, A procedure for using and evaluating concept maps, Springer Research in Science Education, Vol. 12, No. 1, 1982, pp 17-24.
- [15] Richard M. Felder and Linda K. Silverman, "Learning and teaching styles in Engineering Education", Engineering Education 78(7), pgs. 674-681, 1988.
- [16] Richardson, R., Fox, E. A. and Woods, J., Evaluating Concept Maps As A Cross-Language Knowledge Discovery Tool for NDLTD. In Proceedings of Tenth International Symposium on Electronic Theses and Dissertations, Uppsala University Library, Sweden, 2008.
- [17] Temple, B., and Marshall, H., Using Concept Maps to Evaluate Teaching and Learning, MultiBase Reviews and Bibliographies, 1996.