

Adapting Software Engineering Reusability Metrics to Learning Objects

Juan J. Cuadrado-Gallego

Departamento de Informática, Universidad de Valladolid
40005, Plaza de Santa Eulalia, 9, Segovia, Spain
jjcg@infor.uva.es

Abstract. Reusability is considered to be an essential characteristic of learning objects, which are the central notion of current approaches to standardized learning content design. In consequence, measurement instruments for learning object reusability should be developed for the sake of quality assessment and also to serve as criteria to choose between alternate designs. In this paper, the applicability of metrics borrowed from the field of Software Engineering is analyzed, providing analogies for several metrics that can be given an interpretation in terms of learning objects.

Adaptación de las Métricas de Reusabilidad de la Ingeniería del Software a los Learning Objects

Juan J. Cuadrado-Gallego

Departamento de Informática, Universidad de Valladolid
40005, Plaza de Santa Eulalia, 9, Segovia, España
jjcg@infor.uva.es

Resumen. La reusabilidad se considera una característica esencial de los learning objects, los cuales constituyen la idea central de las aproximaciones actuales a la estandarización del diseño de contenidos de aprendizaje. En consecuencia, los instrumentos de medida de la reusabilidad de los learning objects deberían ser adoptados en función de su validez como evaluadores de la calidad de los mismos, de tal forma que permitiesen escoger entre varios diseños alternativos posibles. En este artículo se analiza la aplicabilidad que diferentes métricas desarrolladas en el campo de la ingeniería del software, pudieran tener para resolver el problema de la medición de la reusabilidad de los learning objects.

Introducción

La reusabilidad se considera una característica esencial del concepto de “learning object”, el cual es considerado como la idea central del diseño moderno de contenidos digitales de aprendizaje. Por ejemplo, Polsani (2003) incluye la reutilización en su definición de learning objects como “una unidad independiente y auto contenida de contenido de aprendizaje que esta predispuesta a ser *reutilizada* en múltiples contextos de aprendizaje”, y Wiley (2001) también menciona el término en su definición de learning object “cualquier recurso digital que puede ser *reutilizado* para proporcionar aprendizaje”. Sin embargo, el concepto de la reusabilidad de los learning objects como un factor de calidad clave en el diseño de contenidos es difícil de caracterizar y medir, ya que implica no solamente la evaluación de los contenidos por sí mismos (Vargo et al., 2003), sino también un equilibrio entre su usabilidad en contextos específicos, y la amplitud de los contexto educacionales (Sicilia and García, 2003).

Las especificaciones y estándares actuales se han centrado en la posibilidad de mover learning objects entre plataformas sin introducir cambios. Pero es *portabilidad* no está relacionada con el actual diseño de learning objects para educación, por eso el seguimiento de este estándar en la práctica puede proporcionar muy pequeña reusabilidad. La reusabilidad en diversos contextos educacionales requiere un diseño cuidadoso de los contenidos y sus registros con metadatos asociados, de tal forma que

sean lo suficientemente consistentes y completos (Pagés et al., 2003) para una selección tanto manual como automatizada.

La reusabilidad puede ser evaluada por las personas considerando tres aspectos interrelacionados: (a) La calidad de la separación entre contenidos y presentación, la cual se requiere para una reutilización efectiva en terminos técnicos y de formato, (b) la calidad del registro de metadatos, especialmente en la facilidad de comprensión y claridad y la precisión del contexto educacional al cual está especialmente dirigido, y (c) el diseño de las instrucciones *para cada* uno de los contextos educacionales a los que va dirigido. Parece obvio que un proceso fiable y consistente para juzgar cada uno de los tres aspectos mencionados debería ser largo y necesitaría del trabajo de un experto. De hecho en este proceso podría ser considerado como una versión estructurada del proceso de revisión conjunta de MERLOT (Cafolla, 2002), mejorado con herramientas para obtener datos en un formato que pudiera ser tratado por la máquina. De tal proceso se podrían obtener evaluaciones altamente fiables.

Sin embargo, podrían ser deseables aproximaciones mas ligeras a la evaluación de la reusabilidad debido a dos importantes razones. Primero, la evaluación podría idealmente, ser integrada en el diseño del proceso de aprendizaje mismo, mediante la utilización de las herramientas automatizadas necesarias, o mediante la utilización de analizadores automatizados útiles para obtener “búsquedas rápidas” que podrían ser utilizadas como guías para el resto de la evaluación. Y segundo, sistemas software que automáticamente busquen y compongan learning objects podrían utilizar estas métricas automatizadas como un criterio de calidad que guiase sus acciones.

Las técnicas de la ingeniería del software, y en particular, la tecnología de objetos, han sido utilizadas como una fuente de inspiración para el diseño de learning objects (Sosteric and Hesenmeier, 2002; Sicilia and Sánchez, 2003). Sin embargo, las analogías son la mayor parte de las veces metafóricas ya que los learning objects y las instancias de componentes del software tienen diferentes restricciones de uso. Los learning objects son unas – en un sentido general- particulares piezas de software, p.e. un posible contenido web con un código script (u otro artefacto similar) para la interacción. Pero los learning objects (LO) se han pensado para ser utilizados por personas, y son “objetos de interfaz” en el sentido de que han sido pensados para una interacción via browser, mientras que los componentes software por ser desarrollados como artefactos tecnológicos con un interfaz (no confundir con interfaz de usuario) con una conformidad estricta con el tipo. En conclusión, la intención de un componente software está empotrada en sus interfaces, mientras que los usos previstos para los learning objects están (o al menos deberían estar) descritas en sus (separados) registros de metadatos.

No obstante, algunas de las métricas desarrolladas y utilizadas por la Ingeniería del Software (IS) en las últimas décadas (Chidamber and Kemerer, 1994) trabajan con conceptos como dependencias y complejidad que tienen una clara correlación con la tecnología de learning objects. Esto sugiere que tales IS métricas podrían arrojar alguna luz sobre el problema de obtener métricas para LO que estén relacionadas

directa o indirectamente con la reusabilidad. En el resto del artículo se revisan algunas de tales técnicas.

Algunas Métricas de Reusabilidad aplicables a LO

Aunque muchas métricas del software están orientadas a la medición de la utilización real, sólo unas pocas de ellas describen directamente la reusabilidad (Washizaki et al., 2003). Aquí se analizarán las métricas clásicas de Chidamber and Kemerer (1994) que pueden ser utilizadas para medir la reutilización, *Métodos Ponderados por Clase* (MPC), *Profundidad del árbol de herencias* (PAH), *Acoplamiento entre Objetos de las Clases* (AOC), y *Falta de Cohesión de los Métodos* (FCM). En lo que sigue, las ideas subyacentes de estas métricas son revisadas para intentar encontrar analogías con el campo de los LO.

La métrica de los MPC resulta de la agregación de las complejidades de los métodos de una clase dada. Dicha métrica podría ser utilizada como medida de predicción de la reusabilidad de la clase desde el punto de vista de que “clases con un gran número de métodos tendrían una mayor dificultad para ser aplicadas en más de una aplicación específica, lo que limitaría sus posibilidades de reutilización”. Se podrían considerar las siguientes analogías para esta métrica:

- El LO bajo consideración sería análogo a la clase como objeto de análisis para esta métrica. Esta analogía ha sido también establecida (Sicilia and Sánchez, 2003).
- El concepto de método, como una “capacidad de la clase” puede ser asimilado al de “actividad interactiva” en el interior de composite learning object.
- Finalmente, la noción de complejidad puede ser fijada en términos de “granularidad” de las actividades. Este concepto de granularidad es dependiente del tipo de contenido bajo consideración, p.e. para textos, puede ser contado en términos de número de palabras, mientras que para cuestionarios puede ser medido en términos de número y tipo de cuestiones.

La métrica resultante para LO debería ser consistente con la actuales consideraciones que sólo LO de “fina granularidad” pueden ofrecer un alto grado de reusabilidad, p.e. (Wiley, 2003), y la idea de descomposición reflejan convenientemente los marcos de agregación tales como SCORM¹ o el lenguaje basados en actividades de la especificaciones del IMS Learning Design².

La métrica PAH es la cuenta de la profundidad en el árbol de herencias de una clase dentro de un marco de software. Esta métrica está relacionada con la reusabilidad desde el punto de vista de que “clases que son más profundas en el árbol de herencia

¹ <http://www.adlnet.org>

² <http://www.imsproject.org>

son más complejas (debido a que tienen probablemente, heredadas más características), y así menos predisposición a ser reutilizadas”. Aquí el concepto clave es que la herencia. Pueden expresarse *tipos* de learning objects mediante la simple inclusión de una etiqueta en un campo de metadatos (*Learning Resource Type* en LOM³), pero también mediante aproximaciones más potentes, que impliquen una herencia real de características y propiedades como se ha descrito en (Sicilia et al., 2004). La profundidad de la herencia como determinante de una mayor complejidad se aplica de igual modo a los learning objects, ya que la especialización implica elementos de metadato más detallados, p.ej. una “actividad meta-cognitiva con cuestionarios” puede definirse como una especialización de “learning object”, “cuestionario” y “recurso metacognitivo”, requiriendo por tanto descripciones más detalladas sobre los tres aspectos que recoge.

La métrica AOC es la cuenta del número de clases con las que la clase considerada se encuentra acoplada. Altos AOC impiden la reutilización ya que van en detrimento del diseño modular. Esta métrica tiene una traslación directa en términos de relaciones entre los LO, los cuales pueden ser definidos bajo los marcos actuales de metadatos como LOM – siempre pesando que se encuentran libres de las ambigüedades descritas en (Sánchez and Sicilia, 2004). Visto que los registros de metadatos declaran explícitamente esa, el acoplamiento es fácil de contar automáticamente. Por supuesto, un gran número de relaciones con otros LO (excepto en el caso de “versionOF”- como relaciones que no tengan dependencias) tendría como consecuencia que el LO tiene un gran nivel de granularidad (p.e. esta agregado o compuesto de muchos otros objetos LO) o que no es autocontenido, en el sentido de que se declaran dependencias con otros LO los cuales son requeridos para que funcione correctamente el LO bajo consideración.

Finalmente, la métrica FCM es una medida de la carencia de solapamiento en el uso de los atributos de una clase. Si los métodos utilizan subconjuntos separados de atributos de la clase, se podría hacer la hipótesis de que los métodos no están correctamente agrupados, y que probablemente la clase se podría dividir en muchas más. Clases con un alto FCM dificultan la reutilización ya que aumentan la dificultad de comprensión. Para evaluar la utilidad de esta métrica para LO, se requiere una analogía con los atributos de una clase. Si se considera que diferentes actividades (métodos) dentro de la clase (LO) tienen en cuenta algunos conceptos que son objetivos para el aprendiz, podríamos decir que los objetivos de aprendizaje (esto es, los resultados esperados del proceso de interacción entre el usuario y el learning object) pueden considerarse metafóricamente como “atributos” de la clase. En consecuencia, la disparidad de los objetivos (tal y como se recoge en los registros de metadatos) de las actividades que son parte del learning object son un indicador de objetivos mal definidos, lo cual va en detrimento de la reutilización, que se guía por necesidades de aprendizaje discretas y concretas.

³ <http://ltsc.ieee.org/wg12/>

Conclusiones

La reusabilidad de los LO es un concepto difícil de caracterizar debido su naturaleza multidimensional, e incluye aspectos como el formato, los contenidos y consideraciones sobre los metadatos. Esto podría ocasionar que las técnicas de evaluación de la reusabilidad de los LO fueran sólo aplicables por personas, con el consumo de esfuerzo que esto acarrearía. Por lo que la búsqueda de técnicas de evaluación de la reusabilidad de los LO que pudieran ser, al menos en parte, automatizadas, aparece como algo de gran utilidad. Pueden ser encontradas muchas analogías entre métricas clásicas de reusabilidad del software y las características propias de los LO, especialmente la analogía de la granularidad como una forma de complejidad y las consideraciones con las dependencias de los LO.

La discusión sobre la aplicabilidad de las ideas tomadas de las métricas clásicas del software al dominio de los LO sugieren que puede merecer la pena el investigar más en la validez de algunos de los correlatos de las métricas OO en el terreno de los LO, utilizando datos empíricos obtenidos de repositorios de learning objects. Esto requeriría metadatos de una calidad mayor que los que actualmente se encuentran de manera habitual en esos repositorios, y también requeriría la clarificación de varios aspectos relativos a los learning objects, incluyendo una interpretación consistente de sus relaciones. En otras palabras, una mejora en las prácticas de creación de metadatos sería deseable como pre-requisito para la elaboración de métricas de learning objects fiables.

Referencias

Cafolla, R. Project Merlot: Bringing Peer Review to Web-based Educational Resources. In *Proceedings of the USA Society for Information Technology and Teacher Education International Conference (2002)* pp. 614– 618.

Chidamber, S. and Kemerer, C. (1994). A Metrics Suite for Object Oriented Design, *IEEE Transactions on Software Engineering*, 20(6).

Fenton, N. (1991) *Software Metrics: A Rigorous Approach*, Chapman & Hall, Ltd., London, UK.

Pagés, C., Sicilia, M.A., García, E., Martínez, J.J., Gutiérrez, J.M. On The Evaluation Of Completeness Of Learning Object Metadata In Open Repositories. In: *Proceedings of the Second International Conference on Multimedia and Information & Communication Technologies in Education (m-ICTE 2003)*, 1760-1764.

Polsani, P. R. (2003). Use and Abuse of Reusable Learning Objects. *Journal of Digital information*, 3(4). Retrieved May 11, 2004 from: <http://jodi.ecs.soton.ac.uk/Articles/v03/i04/Polsani/>

Sánchez, S. and Sicilia, M. A. (2004). On the semantics of aggregation and generalization in learning object contracts. In *Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies - ICALT 2004*. Joensuu, Finland.

Sicilia, M.A. & García, E. (2003). On the Concepts of Usability and Reusability of Learning Objects. *International Review of Research in Open and Distance Learning* 4(2).

Sicilia, M.A., Sánchez, S. (2003). Learning Object "Design by Contract". *WSEAS Transactions on Systems*, Vol. 2, Issue 3, pp. 612-617.

Sicilia, M.A., García, E., Sánchez, S. and Rodríguez, E. (2004). Describing learning object types in ontological structures: towards specialized pedagogical selection. In *Proceedings of ED-MEDIA 2004 - World conference on educational multimedia, hypermedia and telecommunications*. Lugano, Switzerland.

Sicilia, M.A., Sánchez, S. 2003. On the concept of learning object "Design by Contract". *WSEAS Transactions on Systems*, 2 (3), 612-617.

Sosteric, M. and Hesemeier, S. (2002). When a Learning Object is not an Object: A first step towards a theory of learning objects. *International Review of Research in Open and Distance Learning Journal*, 3(2).

Vargo, J., Nesbit, J., Belfer, K. Archambault, A. (2003). Learning object evaluation: Computer mediated collaboration and inter-rater reliability. *International Journal of Computers and Applications* 25(3).

Washizaki, H., Yamamoto, Y. and Fukazawa, Y. (2003). A Metrics Suite for Measuring Reusability of Software Components. In: *9th IEEE International Symposium on Software Metrics*

Wiley, D. A. (2001). *The Instructional Use of Learning Objects*. Association for Educational Communications and Technology, Bloomington.

Wiley, D. A., Gibbons, A., and Recker, M. M. (2000). A reformulation of learning object granularity. Retrieved July 2003 from: <http://reusability.org/granularity.pdf>