

Análisis y Comparación de Modelos de Estudiante Abiertos

U. Rueda, I. Calvo, A. Arruarte y J.A. Elorriaga; *Member, IEEE*

Title—Analysis and Comparison of Open Student Models.

Abstract—This article is focused on the study of Open Student Models, area that takes on the opening of Student Models' characteristics in Technology Based Learning Systems. In this work a review of the state of the art on Open Student Models is performed. Different approximations of the literature are compared against an opening guide that authors have defined. This guide is formulated on three main parts: learning domain, learning state and progress and student profile.

Index Terms—Technology Based Learning Systems, Student Models, Open Student Models, comparative Study.

I. INTRODUCCIÓN

UNO de los factores esenciales que influye en la consecución de los objetivos de aprendizaje cuando se utiliza un Sistema de Aprendizaje Basado en la Tecnología (SABT) es la adaptación del proceso de enseñanza/aprendizaje a las necesidades de cada estudiante. Para que esta adaptación sea posible, es necesario conocer aspectos tales como la evolución del aprendizaje del estudiante, su nivel de conocimiento, la estrategia de aprendizaje utilizada, etc. El acceso a la información del proceso de aprendizaje en los SABT permite al ser humano intervenir en los sistemas aportando inteligencia y experiencia. Para ello, es necesario disponer de medios adecuados que permitan acceder a esa información.

Los *Modelos del Estudiante Abierto* (MEA) constituyen una línea de investigación científica para acercar la representación interna de los datos de aprendizaje de los SABT al ser humano. Factores que pretenden abordar incluyen, entre otros, el formalismo de representación más adecuado para los Modelos de Estudiante (ME), el medio de inspección visual de dicha representación o la modificación (por parte del usuario) de los datos contenidos en esa representación, por ejemplo para añadir mayor precisión a los modelos. Básicamente, se

investiga cómo realizar la apertura de los datos sobre el aprendizaje de un estudiante para facilitar el estudio del proceso de aprendizaje y ayudar en la toma de decisiones pedagógicas. Por ejemplo, una circunstancia en la que el MEA resalte conceptos poco asimilados por un estudiante y permita inspeccionar la relación pedagógica existente entre los conceptos (p.e. relaciones de prerrequisito) puede facilitar tomar la decisión de qué conceptos serán prioritarios en la planificación del aprendizaje. En algunos casos, se trata la modificación de los datos y/o su anotación según diferentes finalidades por parte de diferentes tipos de usuarios (p.e. profesores y estudiantes). Una finalidad concreta puede ser expresar la opinión del estudiante y/o profesor pudiendo incluso llegar a influenciar en el funcionamiento del SABT.

El ser humano, especialmente aquel que no está familiarizado con la tecnología informática, puede tener problemas al interactuar con los SABT. Con el objetivo de encontrarles una solución han ido surgiendo diferentes líneas de investigación que tratan de responder cuestiones como: ¿pueden los usuarios visualizar/manipular los componentes del SABT?, ¿comprenden los usuarios la representación de la información con la que trabaja el SABT?, ¿qué tipo de representación, textual o gráfica, es más adecuada para mostrar al usuario?

El artículo comienza con una contextualización previa de los MEA. A continuación se presenta la guía de apertura que han definido los autores para los Modelos de Estudiante más representativos de la literatura. Por último, se realiza un análisis comparativo y detallado de SABTs con MEA considerados significativos dentro de la comunidad científica. Finalmente, se presentan las conclusiones extraídas por los autores.

II. MODELOS DE ESTUDIANTE ABIERTOS

Diferentes autores han trabajado sobre visualización e inspección de los componentes de un SABT. Dentro de la comunidad científica se ha abordado, sobre todo, la visualización e inspección del Modelo del Estudiante. El acceso a la representación interna es lo que se ha dado a conocer como Modelos del Estudiante Abiertos [1]. Teóricamente, se definen como modelos que pueden ser inspeccionados y que facilitan la intervención directa en el proceso de diagnóstico [2].

Si bien, tradicionalmente se ha reconocido la necesidad de que los profesores accedan al ME, en la actualidad la

Urko Rueda Molina es miembro del Centro de Investigación en Métodos de Producción de Software de la Universidad Politécnica de Valencia. Email: urueda@pros.upv.es.

Iñaki Calvo Fabo es investigador en formación de la Facultad de Informática de Donostia-San Sebastián Email: inaki.calvo@ehu.es.

Ana Arruarte Lasa y Jon A. Elorriaga Arandia son profesores del Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad del País Vasco UPV/EHU. Email: {a.arruarte, jon.elorriaga}@ehu.es.
DOI (Digital Object Identifier) Pendiente.

tendencia es permitir a los estudiantes acceder a su modelo. [3] defienden un ME que sea inspeccionable tanto por el profesor como por el propio estudiante. Según estos autores, el acceso de un estudiante a su propio modelo le ayuda a entender mejor el proceso de aprendizaje que está siguiendo. La fuente de información contenida en el modelo permite al estudiante reflexionar y contrastar la percepción sobre su propio conocimiento con la del SABT.

Son diversas las razones que diferentes autores discuten para hacer el ME accesible. Las ventajas que se atribuyen a esta posibilidad [4] incluyen: derecho al acceso y control sobre información que incumbe a los estudiantes, conocimiento de los estudiantes sobre su progresión de aprendizaje, evaluación y corrección de su propio modelo, mejor apreciación de los objetivos finales del SABT y, finalmente, una de las ventajas más importantes es que se fomenta el aprendizaje a través de la reflexión.

El interés mostrado por algunos estudiantes en la comparación de ME [5] [6] sugiere que los MEA pueden ser una herramienta adecuada para realizar este tipo de comparaciones. Los beneficios de la comparación incluyen entre otros la competitividad y la motivación para dedicar más esfuerzos en los tópicos del dominio sobre los que el estudiante está por debajo de la media de aprendizaje del resto de compañeros [7].

El beneficio de la apertura de los ME para facilitar la inspección y, en algunos casos, la modificación de la información contenida en estos modelos es claro [8]. Considerando el tipo de operaciones que se permiten a los usuarios [9] clasifican los MEA en:

—*Modelos inspeccionables.* En los modelos inspeccionables se da una visión simple y global del conocimiento que tiene el estudiante sobre los tópicos del dominio de enseñanza/aprendizaje. En estos modelos no se pueden realizar modificaciones sobre los valores inferidos por el sistema. Sin embargo, pueden presentarse situaciones en las que facilitar el acceso al aprendizaje de un estudiante pueda constituir un problema [7]. Por ejemplo, un estudiante accediendo a su propio modelo y que conozca que su rendimiento de aprendizaje es considerado pobre puede desmotivarse. Además, otra cuestión importante a considerar en los MEA es la privacidad. Aportar mecanismos que gestionen adecuadamente la inspección de los modelos es crucial [10].

—*Modelos editables.* En los modelos editables se permite que el usuario modifique los contenidos del modelo sin ningún impedimento por parte del sistema. La desventaja fundamental de estos modelos es que no se realiza un control sobre la modificación. Por ello, la edición típica supone priorizar las opiniones de los usuarios (p.e. estudiantes y profesores) sobre los valores inferidos por el sistema.

—*Modelos negociados.* En los modelos negociados existe

la posibilidad de cambiar valores sólo en el caso de que se llegue, tras un proceso de negociación, a un acuerdo con el sistema. Por lo tanto, se ofrece control sobre la modificación de los valores inferidos por el sistema. Este modelo da la posibilidad de corregir inferencias erróneas obtenidas por el SABT.

Aunque se han invertido muchos esfuerzos en la construcción de ME para dar soporte a los procesos de aprendizaje en los SABT y ofrecer adaptación a las particularidades de cada estudiante, la apertura de estos modelos necesita más trabajo de investigación [11]. [12] defienden que, aunque los ME de algunos SABT han sido abiertos, aún no hay ningún estándar para describir y analizar los MEA.

Durante los últimos años muchos investigadores de la comunidad educativa han afirmado que el conocimiento representado de manera gráfica es más fácil de reconocer y de comprender. La selección de un mecanismo de comunicación efectivo reduce problemas de comprensión y facilita el razonamiento [2]. [3], por su parte, defienden que la utilización de modelos simples que sean fáciles de representar de distintas formas visuales (p.e. gráficamente, de forma tabular, etc.) es adecuada para que profesores y estudiantes entiendan mejor el conocimiento que tiene el estudiante sobre el dominio. Aplicando una técnica de visualización de la información adecuada, como por ejemplo la técnica de los Mapas Conceptuales, los ME pueden ser abiertos facilitando al usuario la comprensión de la información visualizada.

Los SABT pueden ser clasificados en tres grupos según la aproximación de MEA seguida [13]:

—*Modelos con datos crudos (raw data models).* Son modelos que permiten la visualización directa de la representación interna del SABT. Su problema principal está en su dificultad de comprensión (ver ejemplo recogido en la Figura 1). Además, es difícil tener una visión global del estado de conocimiento del estudiante.

—*Modelos visuales (visual models).* Estos modelos, transforman la representación interna del SABT a una representación gráfica que permite un mejor reconocimiento visual de la información de aprendizaje representada (ver ejemplo recogido en la Figura 2). En el ejemplo, se observa a simple vista el grado de conocimiento sobre los diferentes conceptos del dominio aplicando un conjunto de recursos gráficos (color, posición horizontal del texto, etc.).

—*Modelos de soporte de decisiones (decision support models).* Son modelos visuales que, por los aspectos de aprendizaje que resaltan, apoyan la toma de decisiones pedagógicas (ver ejemplo recogido en la Figura 3). Comparando con las aproximaciones anteriores, no sólo se obtiene una visión global de conocimiento sino que también se proporcionan mecanismos adicionales que

facilitan su análisis (p.e. la estructura de los conceptos en el dominio).

III. GUÍA DE APERTURA DE LOS MODELOS DE ESTUDIANTE

Mientras que un ME permite al SABT adaptar la enseñanza al ritmo de aprendizaje de cada estudiante, un MEA también facilita al usuario (p.e. educadores y estudiantes) observar y analizar la enseñanza y el aprendizaje. En caso necesario, el educador puede intervenir pedagógicamente para afinar la adaptación de la enseñanza y, por tanto, mejorar las condiciones para el aprendizaje. Así mismo, el estudiante puede inspeccionar su aprendizaje y así fomentar la reflexión.

Zaitseva y Boule [17] establecieron una clasificación de ME que en conjunto abarcan los parámetros que se pueden considerar esenciales para una enseñanza efectiva. Considerando esta clasificación y estudiando las diferentes aproximaciones a MEA realizadas, hemos identificado un conjunto de características susceptibles de ser inspeccionadas para apoyar la toma de decisiones pedagógicas y la reflexión:

— **Dominio de aprendizaje.** Representar y mostrar al usuario el tópico que el estudiante debe aprender como punto de partida para supervisar el aprendizaje del estudiante. Características importantes que deben considerarse son las siguientes:

- *Independencia del dominio:* para lograr un sistema que sea aplicable de forma general la representación no debe depender de un dominio concreto y debe poder ser reutilizada para múltiples dominios.
- *Medio visual de apertura:* conjunto de mecanismos ofrecidos para la inspección de los MEA, por ejemplo recursos gráficos para destacar circunstancias especiales y opciones de visualización según diferentes puntos de vista. Idealmente, este conjunto de mecanismos debería apoyar la aproximación de los modelos de soporte de decisiones (*decision support models*).
- *Estructura del dominio:* organizar los contenidos de aprendizaje abarcando contenidos específicos y generales (p.e. en una estructura jerárquica).
- *Nivel semántico y pedagógico:* relacionar los diferentes contenidos entre sí para estructurar y organizar el dominio semánticamente y pedagógicamente.
- *Propiedades pedagógicas:* definidas, por ejemplo, por el profesor o el experto en el dominio. Propiedades como la dificultad de aprendizaje de los tópicos del dominio o su relevancia para los objetivos de aprendizaje.
- *Objetivos de aprendizaje:* qué objetivos se espera que consigan los estudiantes desde un punto de vista general.

- *Recursos didácticos de enseñanza:* qué material se utiliza para transmitir y evaluar conocimientos y habilidades sobre los contenidos (ejemplos: un capítulo de un libro, tests).
- *Anotación de los contenidos:* por ejemplo, que los estudiantes puedan marcar tópicos del dominio que son difíciles de aprender con los recursos didácticos disponibles.

— **Estado y progreso del aprendizaje.** Representar el conocimiento y habilidades del estudiante inferidos por el sistema y mostrarlos al usuario. Esto puede fomentar la reflexión del estudiante y apoyar la supervisión del aprendizaje por parte del educador. Puntos clave para esta apertura, además de los mencionados para el dominio de aprendizaje, son los siguientes:

- *Modificabilidad de los ME:* permitir a estudiantes y profesores modificar, con mayor (negociable) o menor control (editable), los valores inferidos por el sistema o anotar los modelos con sus propias opiniones.
- *Recursos didácticos empleados:* los recursos didácticos que ha empleado el estudiante en las actividades de aprendizaje.
- *Eventos producidos:* por ejemplo, la solicitud de ayuda al SABT, la lectura de material teórico sobre un tópico del dominio, etc.
- *Tipos de representación:* los valores sobre el nivel de conocimiento y grado de habilidades del estudiante pueden ser cuantitativos y/o cualitativos y, además, incorporar el grado de certeza sobre los valores inferidos.
- *Evolución del aprendizaje:* permite observar no sólo el estado sino también el progreso en la obtención de conocimiento y adquisición de habilidades.
- *Conocimiento incorrecto:* incluir la probabilidad de cometer errores. Los errores cometidos por el estudiante pueden enlazarse con la fuente de evidencia disponible como en [5]. [15] siguen una línea parecida enlazando la fuente de evidencia para el estado de conocimiento.

— **Perfil del estudiante.** Hacer accesible al usuario los aspectos del estudiante que pueden influir en su aprendizaje. Como se ha mencionado anteriormente, esto puede apoyar la toma de decisiones educativas para mejorar la obtención de conocimientos y adquisición de habilidades. Deben tomarse en consideración las características siguientes:

The pronoun is:	YOUR CONFIDENCE	SYSTEM CONFIDENCE
Pre-verbal in negatives <i>Não os compra</i>	unsure	very sure
Post-verbal in positive main clauses <i>Compra-os</i>	almost sure	unsure

system: The system's confidence in *your use* of the rule for positive main clauses is currently: unsure. What do you believe the system's confidence should be?

- very sure
- almost sure
- very unsure
- (cancel)

student (selects): *very sure.*

system: Your choice of 'very sure' is different from the system's assessment. What do you wish to do?

- accept system's decision
- system justify itself
- view student model
- accept compromise
- justify myself

student (selects): *system justify itself.*

system: You are trying to change the system's confidence from 'unsure' to 'very sure'. This confidence value is too high. Your last five attempts to place the pronoun in positive main clause statements were:

- *O Manuel a mostrou no mapa. O Manuel mostrou-a no mapa. *O homem o cameu rapidamente.
- *O Manuel mostrou a no mapa. O homem cameu-o rapidamente.

You have probable transfer from Spanish for pronoun placement twice.

Fig. 1. Ejemplo de modelo de datos crudos. Sistema Mr. Collins [14]

Search Select/Deselect Infer Views: My User Model | Me vs. Average | Average of Class

Term Expansion Less More

Current concept: [Show evidence](#)

Concept: prototyping (0.98)

You are performing better than average.

Audio Evidence (raw 0.80, contribution 0.20) [Show/Hide Evidence](#)
 The lecture slide [PredCognitive/3](#) was attended for a duration of 66 seconds.
 The lecture slide [ScreenBackground/11](#) was attended for a duration of 207 seconds.

Tutorial Evidence (raw 1.00, contribution 0.75) [Show/Hide Evidence](#)
 The tutorial [Week/07](#) has a mark of 10 out of 10.
 The tutorial [Week/10](#) has a mark of 10 out of 10.
 Note - tutorial evidence is weighted higher than audio evidence in resolving the final score shown above.

Inferred Evidence (contribution 0.03) [Show/Hide Evidence](#)
 This extra contribution has been inferred from the terms visible at depth 2.

Fig. 2. Ejemplo de modelos visuales. Sistema SIV [15]

Validation and Inspection of Expert Student Models (ViSMod)

Aggregate knowledge value: You have very good knowledge of Nucleus (0.81)
 Social aspects of learning: High: 0.95
 System/teacher opinion: you have basic knowledge of Nucleus (0.33)
 System explanation:
 The nucleus is ...

You think: I have very good knowledge of Nucleus (0.78)
 If you wish, you can change your opinion. Explain why do you think so:
 no idea | basic | good | very good | expert
 0.00 0.25 0.50 0.75 1.00
 0.78

Explanation (Why do you think so? Definition, function, components)
 The present structure in the nucleus is the nucleolus.
 The nucleolus produces ribosomes.

I am interested in this topic
 I have done research (read, write) about it
 I have demonstrated (best, project)

Lo que muestra el modelo está de acuerdo con lo que tú conoces de la célula y sus partes?
 Estás de acuerdo con el modelo?
 SI
 NO
 Porque?

Fig. 3. Ejemplo de modelo de soporte de decisiones. Sistema ViSMod [16]

- *Objetivos de aprendizaje*: pueden abarcar desde la asimilación de determinados contenidos hasta la adquisición de un conjunto de habilidades sobre el dominio. A diferencia de los objetivos generales establecidos para el dominio cada estudiante puede tener sus propios objetivos de aprendizaje.
- *Preferencias de aprendizaje*: estrategia de enseñanza preferida (p.e. mejorar habilidades o conseguir objetivos concretos de aprendizaje), cómo aprender (p.e. mediante ejemplos, lectura de contenidos, ejercicios), preferencias colaborativas en entornos colaborativos, etc. Estas preferencias pueden ajustar la enseñanza a los estilos de aprendizaje de los estudiantes [17].
- *Aspectos sociales del aprendizaje*: capturan aspectos como la confianza en las habilidades para el aprendizaje, la competitividad, la cooperatividad, la asertividad, la motivación, la utilidad o ayuda para compañeros de estudio o para si mismos, etc.
- *Conocimiento de entorno*: conocimiento del estudiante que pueda influir en el aprendizaje del dominio, por ejemplo mediante aprendizaje asociativo.

Idealmente, los MEA deberían abrir al usuario aquella información del modelo de estudiante que pueda influir en su aprendizaje tomando en cuenta los aspectos de apertura mencionados. Sin embargo, la tendencia general de apertura de los modelos se inclina por mostrar algunas de las características pero no todas. Esta situación puede estar motivada por dos razones principales. Por una parte, el diseñador del sistema puede decidir qué características pueden beneficiar al usuario y cuáles pueden no ser interesantes o adecuadas. Por otra parte, el coste (material, esfuerzos, tiempo) de la apertura de todas las características puede no compensar el beneficio obtenido. Además, la apertura completa de los modelos puede producir problemas de sobrecarga cognitiva al usuario dado el volumen de información mostrado. Para la apertura completa sería necesario utilizar algún medio de visualización adecuado que incluya los mecanismos de inspección requeridos para una lectura clara, comprensible y útil a nivel cognitivo.

IV. COMPARATIVA DE LOS MODELOS DE ESTUDIANTE ABIERTOS

En la literatura pueden encontrarse diferentes aproximaciones para los MEA. Siguiendo la tendencia de la visualización de la información [19] hicieron uno de los primeros intentos combinando texto y diagramas con estructura de árboles conceptuales. [20] capturan el material de enseñanza en páginas web y anotan los enlaces entre los tópicos del dominio para guiar la navegación del estudiante durante sus sesiones de aprendizaje. [21] utilizan una representación basada en tablas donde cada fila representa una

regla en un dominio procedimental. [22] presentan el sistema SCRAWL para la construcción cooperativa del MEA. En este trabajo el modelo Writer Model representa las estrategias de escritura del estudiante utilizando texto con formato en páginas web. [23] aplican la técnica de los Mapas Conceptuales (MCs) como medio de aprendizaje. Los estudiantes representan en un MC las proposiciones de su conocimiento reflejando conceptos y relaciones entre ellos. Estos mapas suponen una base en el sistema VCM (Verified Concept Mapper) para construir los ME. [24] utilizan los MCs como medio de visualización del aprendizaje de los estudiantes. El sistema LeActiveMath [25] divide el ME en varias capas capturando un aspecto de aprendizaje diferente en cada una de ellas. Estas capas son representadas mediante MCs y la evidencia entre las distintas capas se propaga mediante *funciones de creencia (belief functions)* a través de relaciones entre los mapas como alternativa a las Redes Bayesianas. La apertura de los modelos se realiza a través de diferentes mecanismos que permiten guiar la inspección pedagógica del aprendizaje desde distintos puntos de vista.

Para estudiar en qué grado se satisface la guía de apertura de ME presentada en el punto anterior se ha realizado un análisis detallado de SABB con MEA identificados como significativos dentro de la comunidad científica que trabaja con modelos de estudiantes abiertos [26]. El análisis se ha llevado a cabo a partir de la revisión de las publicaciones relacionadas con los MEA revisados y en los casos en que ha sido posible la prueba directa sobre el propio sistema. Estos SABB son: Mr Collins [14], SQL-Tutor [27], INSPIRE [28], STyLE-OLM [29], C-POLMILE [30], Flexi-OLM [5], ViSMod [16], CourseVis [31], SIV [15], LOZ [32], QuizGuide [33], Haptic Learner Model [34], COMOV [35], xOLM [36] y DynMap+ [37].

El grado de satisfacción de los factores incluidos en la guía de apertura de ME queda reflejado en la Tabla I mediante una comparativa de los MEA de los SABB mencionados. Al final de la tabla se muestra el porcentaje de características satisfechas, incorporables o difíciles de incorporar de cada MEA. Una característica sería incorporable si no fuese necesario modificar sustancialmente el MEA original para hacerlo. La leyenda del contenido de la tabla es la siguiente:

- (-): denota una característica difícil de satisfacer en el MEA del SABB. Para la característica *medio visual de apertura* denota una aproximación de modelo con datos crudos (*raw data model*).
- (✓): denota una característica satisfecha en el MEA del SABB. Para la característica *medio visual de apertura* denota una aproximación de modelo de soporte de decisiones (*decision support model*).
- (∅): denota una característica que puede ser satisfecha en el MEA del SABB. Para la característica *medio visual de apertura* denota una aproximación de modelo visual (*visual model*).

COMPARATIVA DE MODELOS DEL ESTUDIANTE ABIERTOS RESPECTO A LA GUÍA DE APERTURA DE MODELOS DEL ESTUDIANTE

	M ¹	S ²	I ³	S ⁴	C ⁵	F ⁶	VM ⁷	CVi ⁸	SIV	LOZ	Q ⁹	H ¹⁰	CV ¹¹	xOLM ¹²	DM+ ¹³	
Dominio de aprendizaje	Independencia del dominio	-	√	√	√	/	√	√	√	-	/	√	√	√	√	
	Medio visual de apertura	-	/	/	/	/	√	/	/	-	/	/	√	√	√	
	Estructura del dominio	-	-	/	/	-	/	-	-	-	/	√	√	-	√	
	Nivel semántico/pedagógico	-	-	/	/	-	√	-	√	/	-	-	/	-	√	
	Propiedades pedagógicas	/	-	/	/	/	/	-	/	/	/	/	/	√	/	
	Objetivos de aprendizaje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	√	
	Recursos didácticos de enseñanza	-	-	-	-	-	-	-	/	/	-	/	√	-	-	√
	Anotación de los contenidos	-	-	-	/	-	-	/	-	-	-	√	/	-	√	√
	Modificabilidad de los ME	√	-	√	√	√	√	√	-	-	√	-	-	-	√	/
	Recursos didácticos empleados	-	-	-	-	-	-	-	-	√	-	/	/	-	-	√
Estado y progreso del aprendizaje	Eventos producidos	-	-	-	-	-	-	√	√	-	/	/	-	√	/	
	Tipos de representación	√	√	/	/	√	√	-	√	√	/	√	√	√	√	
	Habilidades trabajadas	-	-	/	/	-	/	-	/	/	/	/	/	/	√	
	Evolución del aprendizaje	-	-	-	/	-	√	-	-	-	-	-	-	√	-	√
	Conocimiento incorrecto	/	√	/	/	√	/	/	/	/	√	√	/	/	√	/
	Estereotipo cognitivo	/	/	/	/	/	/	/	/	/	√	/	/	/	/	/
	Objetivos de aprendizaje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	Preferencias de aprendizaje	/	/	√	/	/	/	/	/	/	√	/	√	/	/	/
	Aspectos sociales del aprendizaje	/	/	/	/	/	/	√	/	/	/	/	/	/	√	/
	Conocimiento de entorno	-	-	/	/	-	/	/	-	/	-	/	-	/	/	/
% de características satisfechas (√)																
% de características incorporables (/)																
% de características difíciles de incorporar (-)																

¹ Mr Collins
² SOL-Tutor
³ INSPIRE
⁴ STYLE-OLM
⁵ C-POLMILE
⁶ Flexi-OLM
⁷ VisMod
⁸ CourseVis
⁹ QuizGuide
¹⁰ Haptic Learner Model
¹¹ COMOV
¹² xOLM
¹³ DynMap+

Con respecto al dominio de aprendizaje puede observarse que la representación gráfica utilizada en los MEA es mayoritariamente independiente del mismo. Sin embargo, respecto al medio visual de apertura, casi todos los MEA entran dentro de la categoría de modelos con datos crudos o modelos visuales. Tan sólo Flexi-OLM, ViSMod, xOLM, DynMap+ y, en cierto grado, COMOV siguen la aproximación de modelos de soporte de decisiones. Estructurar la representación gráfica según los tópicos del dominio así como incluir un nivel semántico y/o pedagógico no está contemplado en la mayoría de los casos. Igualmente, representar los recursos didácticos de enseñanza así como facilitar la anotación de los tópicos del dominio no es común. Además, las propiedades pedagógicas no están presentes en ninguna de las representaciones y los objetivos de aprendizaje del dominio únicamente están presentes en DynMap+. No obstante, en DynMap+ es tarea del diseñador instruccional establecer estos objetivos.

La modificabilidad de los ME está contemplada en la mitad de los MEA, siendo difícil de incorporar en el resto. La mayoría de ellos contemplan los diferentes tipos de representación para el nivel de conocimiento y grado de habilidades. El conocimiento incorrecto es representable en algunos MEA pero no está suficientemente contemplado. Representar los recursos didácticos empleados, los eventos producidos durante el aprendizaje y la evolución del aprendizaje es poco común. En cuanto a las habilidades trabajadas, únicamente xOLM y DynMap+ contempla su representación gráfica.

Para que el instructor o profesor pueda observar el esfuerzo de aprendizaje realizado por el estudiante será necesario satisfacer las características del estado/progreso de aprendizaje relacionado con los recursos didácticos empleados, los eventos de aprendizaje y las habilidades trabajadas. Estas sólo quedan satisfechas en cierto grado por los sistemas SIV, CourseVis, xOLM y DynMap+.

Por último, el perfil del estudiante es representado gráficamente en pocos MEA. Los que sí lo hacen no representan todas las características del perfil. Además, los objetivos de aprendizaje del estudiante y su conocimiento de entorno sólo están representados en un caso.

En resumen, se identifican como características poco trabajadas o que requieren mayor atención las siguientes:

- Sobre el dominio de aprendizaje: medio visual de apertura siguiendo la aproximación de modelo de soporte de decisiones, estructura del dominio, nivel semántico y pedagógico, recursos didácticos de enseñanza, anotación y, en especial, propiedades pedagógicas y objetivos de aprendizaje
- Sobre el estado y progreso del aprendizaje: en cierto grado la modificabilidad de los modelos y la representación de conocimiento incorrecto, en mayor grado representar los recursos didácticos empleados,

los eventos producidos y la evolución del aprendizaje y, fundamentalmente, las habilidades trabajadas.

- Por último, el perfil del estudiante está poco contemplado. Aunque el perfil tiene una fuerte relación con el aprendizaje es una práctica común separarlo de los MEA. Así, centrando la apertura de los modelos del estudiante en los aspectos más relevantes para la intervención pedagógica, se consigue simplificar los modelos visualizados potenciando su comprensión. No obstante, la información del perfil puede ser representada complementariamente a los MEA mediante formatos textuales.

V. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha realizado una revisión del estado del arte de los Modelos de Estudiante Abiertos y se han comparado las diferentes aproximaciones con respecto a una guía de apertura. Esta guía se articula en tres partes principales: dominio de aprendizaje, estado y progreso del aprendizaje y perfil del estudiante.

A pesar de que algunos autores defiendan que la selección del medio gráfico para abrir los ME no es demasiado importante [5], creemos que la selección de un medio apropiado que simplifique y resalte la información más importante facilita la reflexión y la toma de decisiones pedagógicas en el proceso de aprendizaje. [7] muestran un estudio sobre las preferencias de uso de los estudiantes sobre diferentes medios de acceso a la información contenida en los ME. En resumen, los usuarios necesitan un medio de inspección que transforme la información de aprendizaje del estudiante de tal forma que se obtenga una visión clara y directa de los datos pedagógicos más relevantes. En consecuencia, la apertura de los modelos no debe consistir en una mera visualización de la información contenida en ellos. Se hace necesario un proceso de transformación que facilite al usuario la percepción de diferentes aspectos pedagógicos que influyen directamente en el progreso del aprendizaje de los estudiantes.

Los MEA pueden variar en el nivel de detalle y complejidad de la información mostrada al usuario. Desde modelos que utilizan meramente información textual, hasta modelos más avanzados que utilizan técnicas de representación gráfica (e incluso sensorial [34]) de la información, pueden encontrarse múltiples SABB con diferentes métodos para abrir los modelos.

En los sistemas analizados, la apertura de los modelos se basa en información textual, visual (mediante gráficos) o una combinación de ambos. En cualquier caso, la información puede ser transformada mostrando al usuario una representación más adecuada a la utilizada por el sistema. Mientras que la representación del sistema sirve para realizar la comunicación entre los módulos que lo componen, la representación abierta al usuario favorece la comprensión y captación de la información. La representación gráfica frente a la textual ofrece un recurso adicional para apoyar la inspección

adecuada de los modelos. Según puede observarse en los SABT descritos, muchos abren los modelos utilizando representaciones textuales. Aún más, en algunos SABT no se ha considerado de manera suficiente o adecuada la transformación de los datos para la apertura de los modelos. Una transformación adecuada resalta aspectos clave que influyen en el rendimiento de aprendizaje de los estudiantes y facilita la inspección y el análisis por el usuario además de aumentar la utilidad de los MEA. Una buena apertura de los modelos puede facilitar la toma de decisiones pedagógicas encaminadas a mejorar el aprendizaje. Sin embargo, las carencias presentes en los MEA en cuanto a aspectos pedagógicos de la representación del dominio como, por ejemplo, objetivos de aprendizaje pueden ser debidas a la separación clásica de los modelos del estudiante y los módulos de tutoría. Mientras que los primeros se adecuan más a representar y guiar el aprendizaje de los estudiantes, los segundos están más encaminados a capturar la estrategia y aspectos relacionados con el aprendizaje. En relación a esto, mientras que los esfuerzos de la comunidad en el ámbito de la enseñanza se han centrado en la apertura de modelos del estudiante, un nuevo enfoque puede ser valioso respecto a la apertura de la información pedagógica contenida en los módulos de tutoría de los SABT, incluyendo aspectos relacionados con el perfil del estudiante. En el proyecto xOLM [36] por ejemplo, se ha explorado esta línea abriendo no sólo el modelo sino el proceso de modelado, de captura de evidencia e interpretación de la misma.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está cofinanciado por la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU09/09), el Ministerio de Ciencia y Tecnología a través del programa CICYT (TIN2009-14380) y el Gobierno Vasco (IT421-10).

REFERENCIAS

- [1] A. Paiva, J. Self and R. Hartley, "Externalising learner models", in *Proc. World Conference on Artificial Intelligence in Education*, Washington, 1995, pp. 509-516.
- [2] V. Dimitrova., P. Brna, and J. Self, J. "The design and implementation of a graphical communication medium for interactive open learner modelling", in *Proc. Intelligent Tutoring Systems: 6th International Conference*, Biarritz and San Sebastian, 2002, pp. 432-441.
- [3] S. Bull and T. Nghiem, "Helping Learners to Understand Themselves with a Learner Model Open to Students, Peers and Instructors", in *Proc. Workshop on Individual and Group Modelling Methods that Help Learners Understand Themselves of the Intelligent Tutoring Systems*, Biarritz and San Sebastian, 2002, pp. 5-13.
- [4] J. Kay, "Learner control.", *User Modelling and User-Adapted Interaction*, vol. 11, no. 1-2, pp. 111-127, March 2001.
- [5] A. Mabbott and S. Bull, "Alternative Views on Knowledge: Presentation of Open Learner Models", in *Proc. 7th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, Maceió, 2004, pp. 689-698.
- [6] S. Bull and E. Broady, "Spontaneous Peer Tutoring from Sharing Student Models", In *Proc. of Artificial Intelligence in Education*, 1997, pp. 143-150.
- [7] S. Bull and A. Mabbott, "20000 Inspections of a Domain-Independent Open Learner Model with Individual and Comparison Views", in *Proc. 8th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, Jhongly 2006, pp. 422-432.
- [8] D. Hartley and A. Mitrovic, "Supporting Learning by Opening the Student Model", in *Proc. 6th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, Biarritz and San Sebastian, 2002, pp. 453-462.
- [9] S. Bull, A.T. McEvoy and E. Reid., "Learner Models to Promote Reflection in Combined Desktop PC/Mobile Intelligent Learning Environments", in *Proc. Workshop on Learner Modelling for Reflection of the International Conference on Artificial Intelligence in Education*, Sydney, 2003, pp. 199-208
- [10] A. Kobsa, "Tailoring privacy to users' needs (invited keynote)", in *Proc. Eighth International Conference on User Modeling*, Sonthofen, 2001. pp. 303-313.
- [11] S. Alpert and J. E. Beck (Eds.), *Actas del Workshop on Student Modeling for Language Tutors of the International Conference on Artificial Intelligence in Education, AIED, Amsterdam, Netherlands, 2005.*
Available: <http://www.research.ibm.com/people/a/alpert/AIED05/>
- [12] S. Bull and J. Kay, "Student models that invite the learner in: The SMILI open learner modelling framework", *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 17, no. 2, 2007: pp. 89-120.
- [13] U. Rueda, A. Arruarte, and J.A. Elorriaga, "A Visual Concept Mapping Medium to Open Student and Group Models", in *Proc. Workshop on Assessment of Group and Individual Learning Through Intelligent Visualization*, Marina del Rey, California, 2007, pp. 4-7.
- [14] S. Bull and H. Pain, "'Did I Say What I Think I Said, And Do You Agree With Me?' Inspecting and Questioning the Student Model", in *Proc. World Conference on Artificial Intelligence and Education*, Charlottesville, 1995, pp. 501-508.
- [15] J. Kay and A. Lum, "Exploiting Readily Available Web Data for Scrutable Student Models", in *Proc. 12th International Conference on Artificial Intelligence in Education*, Amsterdam, 2005, pp. 338-345.
- [16] J.D. Zapata-Rivera, and J. Greer, "Interacting with Inspectable Bayesian Student Models", *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 14, no. 2, 2004, pp. 127-163.
- [17] L. Zaitseva and C. Boule, "Student Models in Computer-Based Education." Third IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT'03, IEEE Computer Society, 2003, pp. 451-451.
- [18] R.M Felder and L.K. Silverman, "Learning and Teaching Styles in Engineering Education," *Engineering Education*, 78(7), 1998, pp.674-681.
- [19] R. Cook, and J. Kay, "The justified user model: A viewable, explained user model", in *Proc. Fourth International Conference on User Modelling*, Hyannis, Massachusetts, 1994, pp. 145-150.
- [20] G. Weber and M. Specht, "User Modeling and Adaptive Navigation Support in WWW-Based Tutoring Systems", in *Proc. Sixth International Conference on User Modeling*, Chia Laguna, Sardinia, 1997, pp. 289-300.
- [21] R. Morales, H. Pain and T. Conlon, "From behaviour to understandable presentation of learner models: a case study", in *Proc. Workshop on Open, Interactive, and other Overt Approaches to Learner Modelling of the Artificial Intelligence in Education*, Le Mans, 1999, pp. 15-24.
- [22] S. Bull and S. Shurville, "Cooperative writer modelling: facilitating reader-based writing with scrawl", in *Proc. Workshop on Open, Interactive, and other Overt Approaches to Learner Modelling of the Artificial Intelligence in Education*, Le Mans, 1999.
- [23] L. Cimolino, J. Kay, and A. Miller, "Incremental student modelling and reflection by verified concept-mapping", in *Proc. Learner Modelling for Reflection Workshop*, Sidney, 2003, pp. 219-227.
- [24] J.A. Nuutinen and E. Sutinen, "Visualization of the Learning Process Using Concept Mapping", in *Proc. 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technology*, Athens, 2003, pp. 348-349.
- [25] R. Morales, N. Van Labeke and P. Brna, "Approximate modelling of the multi-dimensional learner", in *Proc. 8th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, Jhongly, 2006, pp. 555-564.
- [26] Proyecto LeMoRe – Learner Modelling for Reflection researchers (available: <http://www.eee.bham.ac.uk/bull/lemore/>)
- [27] A. Mitrovic and B. Martin, "Evaluating the Effects of Open Student Models on learning", in *Proc. 2nd International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-based Systems*, Berlin, 2002, pp. 296-305.

- [28] K. Papanikolaou, M. Grigoriadou, H. Kornilakis and G.D. Magoulas, "Personalising the Interaction in a Web-based Educational Hypermedia System: The Case of INSPIRE", *User-Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 13, no. 3, 2003, pp. 213-267.
- [29] V. Dimitrova, "STyLE-OLM: Interactive open learner modelling", *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 13, 2003, pp. 35-78.
- [30] S. Bull, and A.T. McEvoy, "An Intelligent Learning Environment with an Open Learner Model for the Desktop PC and Pocket PC", in *Proc. Artificial Intelligence in Education*, Amsterdam, 2003, pp. 389-391.
- [31] R. Mazza and V. Dimitrova, "Visualising Student Tracking Data to Support Instructors in Web-Based Distance Education", in *Proc. 13th International World Wide Web Conference - Alternate Educational Track*, New York, 2004, pp. 154-161.
- [32] S. Mohanarajah, R.H. Kemp and E. Kemp, "Opening a Fuzzy Learner Model", in *Proc. Workshop on Learner Modelling for Reflection of the International Conference on Artificial Intelligence in Education*, Amsterdam, 2005, pp. 62-71.
- [33] P. Brusilovsky and S. Sosnovsky, "Engaging students to work with self-assessment questions: a study of two approaches", *SIGCSE Bulletin*, vol. 37, no. 3, 2005, pp. 251-255.
- [34] T. Lloyd, and S. Bull, "A Haptic Learner Model", *International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning*, vol. 16, no. 1-2, 2006, pp. 137-149.
- [35] D. Pérez-Marin, E. Alfonsoeca, P. Rodriguez and I. Pascual-Nieto, "Automatic Generation of Students' Conceptual Models from Answers in Plain Text", in *Proc. International Conference on User Modeling, Corfu*, 2007, pp. 329-333.
- [36] P. Brna, N. Van Labeke y R. Morales (2007). Opening up the Interpretation Process in an Open Learner Model. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 17(3).
- [37] U. Rueda, "Desarrollo de software reutilizable de Mapas Conceptuales y estudio de su aplicación en contextos de aprendizaje y en los Modelos Abiertos de Estudiante", PhD. Tesis Doctoral, Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, UVP/EHU, Donostia, 2009.



Urko Rueda Molina es investigador en el Centro de Investigación ProS de Métodos de Producción de Software (www.pros.upv.es) de la Universidad Politécnica de Valencia (www.upv.es) desde Septiembre del 2009.

Obtuvo su doctorado en Ingeniería Informática en el departamento de LSI de Lenguajes y Sistemas Informáticos (ji.ehu.es) de la Universidad del País Vasco (www.ehu.es) en Enero del 2009. El tema de la investigación se centró en el área de la educación en el ámbito de los Mapas

Conceptuales y los Modelos del Estudiante.

Actualmente, participa en proyectos nacionales y europeos en temas de Ingeniería de Requisitos, Modelado de Procesos de Negocio y Testeo de Software.



aspectos y usos de los mapas conceptuales.

Iñaki Calvo Fabo es Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas (2006) e Ingeniero Informático (2008) por la UPV/EHU (Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea). Obtuvo el DEA en Ingeniería Informática por la UPV/EHU (2010) y actualmente trabaja como investigador en el grupo GaLan a través de una beca concedida por la misma universidad para la obtención del título de Doctor. Su investigación se centra en temas de informática educativa, entornos de ayuda al aprendizaje y, más concretamente, en diversos



Ana Arruarte Lasa, licenciada en Informática UPV/EHU es profesora de la Euskal Herriko Unibertsitatea / Universidad del País Vasco (UPV/EHU) desde 1989. Desarrolla su actividad investigadora en el grupo de investigación GaLan de la Facultad de Informática de la UPV/EHU. Defendió la tesis doctoral, centrada en aspectos de entornos de

desarrollo de Sistemas Tutores Inteligentes, en 1998. Su investigación se enmarca en la Informática educativa y, en concreto, en diversos aspectos y usos de los Mapas Conceptuales, adquisición semiautomática de Dominio pedagógico, evaluación automática de resúmenes, modelado de estudiante abierto.



Jon Ander Elorriaga Arandia es profesor de la Euskal Herriko Unibertsitatea / Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Desarrolla su actividad investigadora en el grupo de investigación GaLan de la Facultad de Informática de la UPV/EHU desde 1991. Defendió la tesis doctoral, centrada en aspectos de Aprendizaje Automático y Razonamiento Basado en Casos aplicados a la planificación instruccional, en 1998. Su investigación se enmarca en la Informática educativa y, en

concreto, en diversos aspectos y usos de los Mapas Conceptuales, adquisición semiautomática de Dominio pedagógico, evaluación automática de resúmenes, modelado de estudiante abierto.