

MONOGRAFÍA: TÉCNICAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADAS A LA EDUCACIÓN

Coordinado por: Eduardo M. Sánchez Vila y Manuel Lama Penín

Presentación de la Monografía

1. Introducción

En las universidades y centros de enseñanza de todo el mundo es palpable el incremento de la utilización de las tecnologías de la información y las comunicaciones en los procesos de enseñanza/aprendizaje. En este contexto, las más demandadas son, precisamente, las tecnologías basadas en inteligencia artificial, como los tutores inteligentes, los sistemas de gestión del aprendizaje o los videojuegos [1]. La investigación en este campo es muy activa y plantea objetivos ambiciosos, como por ejemplo la construcción de sistemas de monitorización inteligente para analizar el grado de atención y nivel de productividad de los estudiantes. En unas décadas se podrían plantear escenarios de ciencia ficción donde los alumnos dispondrían de interfaces cerebrales para interactuar directamente con una máquina y un software [2], que podría realizar las tareas de un tutor virtual con conexión directa a las áreas de aprendizaje cerebrales.

Especulaciones futurísticas al margen, es evidente que el nuevo contexto social en el que vivimos plantea también nuevas demandas educativas:

- Incremento del número de estudiantes. Motivado por una mayor demanda de formación continua y las necesidades de jóvenes adultos de redefinir sus carreras o completar estudios que en su momento no terminaron.
- Coste económico y temporal. Un buen número de estudiantes o bien no tienen capacidad económica para pagar los estudios convencionales, o no tienen tiempo para desplazarse y asistir a las clases tradicionales. Hay que considerar aquí el impacto cada vez mayor de los inmigrantes.

Para satisfacer estas nuevas necesidades se requiere: (1) oferta de formación online, que reduce costes de los alumnos y permite cubrir las necesidades educativas de un mayor número de estudiantes, (2) automatización de los procesos educativos, para reducir los costes de profesorado y mantener un

nivel de atención educativa personalizado en cualquier momento y en cualquier lugar.

En este artículo nos centramos en analizar las soluciones que aporta el campo de la IA para resolver estas necesidades y especialmente las relacionadas con la automatización de los procesos educativos

2. Ejemplos de Aplicaciones Educativas basadas en IA

El campo de la inteligencia artificial puede aportar muchas soluciones a las necesidades que el ámbito educativo plantea [3]. A continuación repasamos el tipo de sistemas que se pueden construir y que están en vías de producción desde la IA.

2.1. Sistemas Tutores Inteligentes

Los Sistemas Tutores Inteligentes son sistemas que proporcionan aprendizaje y/o formación personalizada [4]. Se basan en tres componentes principales: (1) conocimiento de los contenidos, (2) conocimiento del alumno, y (3) conocimiento de estrategias o metodologías de aprendizaje. Estos sistemas prometen transformar radicalmente nuestro concepto de aprendizaje online. A diferencia de las aplicaciones de e-learning basadas en hipertexto, que dan a los estudiantes un cierto número de oportunidades para buscar una respuesta correcta antes de enseñarla, los sistemas tutores inteligentes actúan como entrenadores, ofreciendo sugerencias cuando los estudiantes dudan o se atascan en el proceso de la resolución del problema, y no sólo cuando ellos introducen la respuesta. De esta forma, el tutor guía el proceso de aprendizaje, y no sólo se encarga de decir lo que está bien y lo que no.

Existen múltiples ejemplos de sistemas tutores inteligentes, algunos desarrollados en el mundo universitario y otros creados con fines comerciales. Entre los primeros, uno de los más conocidos es el sistema Andes, desarrollado por el equipo de Kurt VanLehn de la Universidad de Pittsburg [5]. El sistema se encarga de guiar a los estudiantes

mientras estos resuelven problemas y ejercicios. Cuando el estudiante pide ayuda en medio de un ejercicio, el sistema aporta pistas para avanzar en la solución o indica qué ha fallado en algún paso anterior. Andes se probó con éxito durante 5 años en la Academia Naval de los Estados Unidos y puede descargarse gratuitamente. En el ámbito comercial, Read-On! se vende como un producto que enseña habilidades de comprensión lectora a adultos analizando y diagnosticando cada uno de las deficiencias específicas del estudiante y adaptando su formación en función de ellas [6]. Incluye una herramienta de autoría que permite a los diseñadores de cursos adaptar los contenidos de los cursos a los diferentes perfiles de estudiante de forma rápida y flexible.

2.2. Sistemas de Evaluación Automática

Los sistemas de evaluación automática de test tienen como objetivo principal evaluar las fortalezas y debilidades de los estudiantes a través de los test que realizan sobre una materia o actividad [7]. De esta forma, estos sistemas no sólo realizan la corrección automática de tests, sino que también pueden adquirir automáticamente conocimiento sobre las habilidades y competencia que los estudiantes poseen sobre la materia en cuestión.

Entre los sistemas de evaluación automática podemos citar ToL (Test on Line) [8] que ha sido aplicado sobre estudiantes de física en la Universidad Politécnica de Milán. El sistema está formado por una base de datos de test, un algoritmo de selección de preguntas y un mecanismo de evaluación automática de los test que puede ser configurado por los profesores. CELLA (Comprehensive English Language Learning Assesment) [9] es otro sistema que evalúa la competencia de los estudiantes en el manejo del inglés, mostrando el progreso de los estudiantes y evaluando su potencial en el dominio de los idiomas.

2.3. Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computador

Los entornos de aprendizaje colaborativo basado en computador están pensados para facilitar el proceso del aprendizaje dando a los estudiantes la oportunidad y las herramientas para interactuar y trabajar en grupo [10]. En sistemas basados en inteligencia artificial, la colaboración se realiza con

la ayuda de un agente software encargado de mediar y facilitar la interacción para alcanzar los objetivos planteados.

Los prototipos de investigación aportan precisamente nuevas ideas para mediar la colaboración entre los estudiantes. El sistema DEGREE por ejemplo permite caracterizar el comportamiento de un grupo y el de los individuos que lo componen a través de un conjunto de atributos o etiquetas. El agente facilitador utiliza estos atributos que introducen los estudiantes para ofrecer sugerencias y consejos con el objetivo de mejorar la interacción dentro de cada grupo [11].

En el ámbito comercial existen muchos productos aunque aún no ofrecen mediadores inteligentes para facilitar la colaboración. El sistema DEBBIE (DePauw Electronic Blackboard for Interactive Education) es uno de los más conocidos [12]. Fue desarrollado a comienzos del 2000 en la Universidad de Depauw y luego gestionado por la empresa DyKnow creada específicamente para comercializar el sistema [13]. La tecnología que ofrece DyKnow en la actualidad permite a los profesores y estudiantes compartir instantáneamente información e ideas. El objetivo final es evitar que los alumnos realicen simples tareas de copiadores de las presentaciones del profesor, y se centren en comprender, analizar y discutir los conceptos presentados en la clase.

2.4. Aprendizaje Basado en Juegos

El aprendizaje basado en juegos, denominados “juegos serios” en el campo de la educación para distinguirlos de los puramente orientados al entretenimiento, trata de utilizar el poder de los juegos de ordenador para atraer y motivar a los estudiantes para conseguir que estos desarrollen nuevos conocimientos y habilidades. Este tipo de aprendizaje permite realizar tareas y experimentar situaciones que de otro modo serían imposibles de realizar por cuestiones de coste, tiempo, infraestructura y, como no, seguridad [14,15].

NetAid's es una institución que desarrolla juegos para educar sobre cuestiones de educación ciudadana y sensibilización de la pobreza en el mundo. Uno de sus primeros juegos, desarrollado en el 2002, denominado NetAid World Class, consiste en que los alumnos tomen la identidad de un niño de un estado del sur de la India y resuelvan los problemas reales con los que se enfrentan

diariamente los niños pobres de esta región [16]. En el año 2003 el juego fue utilizado por más de 40.000 estudiantes en diferentes universidades de los Estados Unidos.

En el ámbito comercial y de entretenimiento, existen múltiples juegos que pueden utilizarse con fines educativos. Uno de los más populares es Brain Training, de la empresa Nintendo [17]. El juego se concibe con el objetivo de mejorar la capacidad mental del usuario, proponiendo ejercicios de memoria, de razonamiento, etc para que el jugador mejore su habilidad y consiga el reto de llegar a la edad cerebral de veinte años, edad óptima según la escala propia del juego.

3. Técnicas de IA en Educación

Los sistemas educativos inteligentes que acabamos de revisar están basados en diversas técnicas de inteligencia artificial [18]. Las más utilizadas en el campo de la educación son: las técnicas de personalización basadas en modelos de estudiantes y de grupos, los sistemas basados en agentes inteligentes, y las ontologías y las técnicas de web semántica.

Las técnicas de personalización, que son la base de los sistemas tutores inteligentes, están basadas en modelos del estudiante. En general, estos modelos consisten en la elaboración de una representación cualitativa que considere el comportamiento del alumno en función tanto del conocimiento existente sobre un determinado ámbito como del aprendizaje de otros estudiantes en este dominio [19]. Estas representaciones pueden utilizarse posteriormente en sistemas tutores inteligentes, en entornos de aprendizaje inteligente o en generar agentes inteligentes que representen estudiantes que colaboren con los estudiantes humanos. La utilización de técnicas de aprendizaje automático permite actualizar y extender los modelos de estudiantes iniciales para adaptarlos tanto a la evolución de los mismos como a una posible actualización e contenidos y actividades educativas [20]. Las dos técnicas más populares para modelar estudiantes son [21]: los modelos basados en superposición o overlay y las redes bayesianas. El primer método consiste en considerar el modelo del estudiante como un subconjunto del conocimiento del experto en el ámbito donde se realiza el aprendizaje. De este modo, el aprendizaje se mide en función de la comparación con los conocimientos del modelo del experto. El segundo método consiste en representar el proceso de aprendizaje como una

red de estados de conocimiento, y posteriormente, inferir de forma probabilística el estado del estudiante a partir de la interacción de éste con el tutor.

Los agentes software son considerados entidades software, como por ejemplo programas software o robots, que presentan en grado diferente, tres características principales: autonomía, cooperación y aprendizaje [22]. La autonomía se refiere a la capacidad del agente de actuar y decidir por sí mismo gracias a su representación y comprensión el mundo que le rodea. La cooperación significa a la habilidad para interactuar con otros agentes a través de algún tipo de lenguaje de comunicación. Finalmente, el aprendizaje es esencial para adaptar el comportamiento al entorno exterior y optimizar el desarrollo de las tareas. La capacidad de aprender, junto con otras capacidades como el razonamiento o la planificación, dotan a los agentes software de cierta inteligencia lo que permite la realización de tareas más complejas. Los equipos de agentes inteligentes componen Sistemas MultiAgente orientados a desarrollar tareas que un único agente no puede realizar. En estos sistemas el control y el conocimiento está distribuido y la computación que se realiza es asíncrona [23]. Existen múltiples tareas en el ámbito de la educación y del aprendizaje, como por ejemplo la monitorización de las entradas, las salidas y las actividades de los estudiantes, la consulta en el buzón de ejercicios para comprobar que los trabajos se envían en fecha, la respuesta de los mensajes con las preguntas de los alumnos, la corrección de test y exámenes, que un sistema dotado con agentes inteligentes puede realizar [24,25].

Las ontologías buscan capturar y representar el conocimiento de forma consensuada, para que puede ser reutilizado y compartido tanto por aplicaciones software como por grupos de personas [26]. Una ontología consiste en clases y sus atributos, las relaciones entre las clases, las propiedades de las relaciones y los axiomas que permiten restringir las interpretaciones de definiciones de acuerdo al significado pretendido de los conceptos. En el ámbito educativo se han propuesto varias ontologías para describir: el contenido de documentos utilizados como recursos educativos [27], la interacción entre alumnos durante tareas de aprendizaje colaborativo [28], la semántica relacionada con los objetos del aprendizaje, y finalmente, la semántica implícita en lenguajes orientados al diseño del aprendizaje [29].

4. Artículos de la Monografía

Los artículos que aparecen en este número especial han sido seleccionados de entre las contribuciones aceptadas en el taller “Técnicas de Inteligencia Artificial Aplicadas a la Educación” [30], organizado por el Grupo de Sistemas Inteligentes de la Universidad de Santiago de Compostela, encuadrado en la XI Conferencia de la Asociación Española Para la Inteligencia Artificial (CAEPIA) [31]. El objetivo del taller consistió en recoger el estado actual en España de la aplicación de la Inteligencia Artificial al ámbito educativo, y por ello el número especial contiene artículos centrados en el uso de sistemas tutores inteligentes de ayuda para el aprendizaje de los alumnos, en el diseño e implementación de agentes inteligentes, y en la representación y modelado del conocimiento (ontologías y lenguajes).

En el contexto de los sistemas tutores inteligentes, el trabajo *Estudio de un mecanismo para la administración adaptativa de ayudas en la realización de tests*, de R. Conejo y col., presenta una propuesta para la introducción de mecanismos adaptativos para la elección de ayudas, en un entorno de evaluación basado en tests adaptativos. El objetivo consiste en analizar estrategias para administrar, de forma eficiente, pistas que ayuden a alumnos con diferentes niveles de conocimiento a responder correctamente a tests.

En el ámbito de los agentes inteligentes, el artículo *Aprendizaje Activo en Simulaciones Interactivas*, de M. A. Gómez-Martín y col., presenta un entorno de aprendizaje que enseña a los alumnos el uso de la máquina virtual de Java y la compilación de lenguajes orientados a objetos, incluyendo una descripción detallada del conocimiento usado por el entorno. La propuesta utiliza la metáfora de los videojuegos para motivar y facilitar el proceso de aprendizaje.

En el contexto de la representación y el modelado de actividades de aprendizaje, el artículo *Análisis de los Lenguajes de Modelado Educativo basado en Descomposición por Partes*, de M. Caeiro, se realiza un detallado análisis de las necesidades de los lenguajes que permiten modelar el diseño y la ejecución de las actividades educativas (EMLs), proponiendo una solución a las limitaciones de los lenguajes actuales. Como contribución se plantea una aproximación basada en descomposición por

partes de acuerdo a distintos componentes de coordinación que se identifican en el propio trabajo.

En cuanto a la representación y modelado de objetos o elementos educativos, el trabajo *Comunidades Virtuales de Aprendizaje Colaborativo: de los Metadatos a la Semántica*, de J. I. Mayorga y col., presenta un sistema que permite que comunidades virtuales de aprendizaje colaborativo compartan y trabajen en torno a un cuerpo de conocimiento común a través de un Repositorio de Objetos de Aprendizaje. El sistema está basado en una ontología que representa los objetos del aprendizaje, las actividades relacionadas con el aprendizaje, y los aspectos sociales relacionados con el proceso educativo.

En el ámbito del modelado y la representación del diseño del aprendizaje, el artículo *Representación y Ejecución de Unidades Educativas a través de una Ontología de Diseños de Aprendizaje*, de R. Amorim y col., propone una ontología del lenguaje IMS Learning Design, el estándar de facto para modelar unidades de aprendizaje. Para mostrar sus posibilidades se presenta una comparación entre la implementación de un diseño de aprendizaje con *Reload* y *Coppercore*, las aplicaciones de mas relevancia en la implementación de IMS LD, y otra con la ontología del IMS LD en el sistema EUME, un sistema para la gestión inteligente del aprendizaje en entornos docentes presenciales.

Por último, y en un contexto más general sobre la aplicación de las técnicas de Inteligencia Artificial aplicadas a la Educación, el trabajo *TENCompetence: Construyendo la Red Europea para el Desarrollo Continuo de Competencias*, de D. Burgos y col., muestra el estado del arte de un proyecto europeo que plantea el problema de cómo apoyar el aprendizaje de competencias profesionales más allá de la formación reglada oficial. El trabajo discute las posibilidades de las técnicas de inteligencia artificial para abordar la construcción de sistemas que tendrán que analizar (1) las actividades y unidades de aprendizaje existentes, y (2) el perfil del estudiante, para generar planes de aprendizaje totalmente personalizados.

Referencias

- [1] S. Silverstein: Colleges see the future in technology, *Los Angeles Times*, 2006.

- [2] C. Koch. Christof Koch forecast the future. *New Scientist*. 2006.
<http://www.newscientist.com/channel/opinion/science-forecasts/dn10626-christof-koch-forecasts-the-future.html>
- [3] K. Kennedy: Top 10 Smart technologies for Schools: Artificial Intelligence, 2002.
http://www.techlearning.com/db_area/archives/TL/2002/11/topten5.html
- [4] K. VanLehn. The Behavior of Tutoring Systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 16:227-265, 2006.
- [5] K. VanLehn, C. Lynch, K. Schulze, J. A. Shapiro, R. Shelby, L. Taylor, D. Treacy, A. Weinstein y M. Wintersgill. The Andes Physics Tutoring System: Lessons Learned. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 15:147-204, 2005.
- [6] Read On!
<http://www.stottlerhenke.com/products/index.htm>
- [7] R. Conejo, E. Guzman, E. Millan, M. Trella, J.L. Perez-de-la-Cruz y A. Rios: SIETTE: A Web-Based Tool for Adaptive Testing. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 14:29-61, 2004.
- [8] A. Tartaglia y E. Tresso: An Automatic Evaluation System for Technical Education at the University Level. *IEEE Transactions on Education*, 45(3):268-275, 2002.
- [9] CELLA – Comprehensive English Language Learning Assessment.
<http://www.ets.org>
- [10] A. Soller, A. Martinez, P. Jermann, y M. Muehlenbrock: From Mirroring to Guiding: A Review of State of the Art Technology for Supporting Collaborative Learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 15:261-290, 2005.
- [11] B. Barros, y M.F. Verdejo. Analysing student interaction processes in order to improve collaboration: the DEGREE approach. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11:221-241, 2000.
- [12] D. Berque, D. Johnson, A. Hutcheson, L. Jovanovic, K. Moore, C. Singer y K. Slattery. The design of an interface for student note annotation in a networked electronic classroom. *Journal of Network and Computer Applications*, 23(2):77-91, 2000.
- [13] P. Schnitzler: Becker bets on education software startup. *The Indianapolis Business Journal*, 24(44), 2004.
<http://www.dyknowvision.com/news/articles/BeckerBetsOnEdSoftware.html>
- [14] D. Michael y S. Chen: Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform. *Course Technology PTR*, 2005.
- [15] K. Corti: Gamesbased Learning: a serious business application. *Informe de PixelLearning*, 2006.
<http://www.pixelearning.com/docs/seriousgamebusinessapplications.pdf>
- [16] B. Stokes. Videogames have changed: time to consider Serious Games? *The Development Education Journal*, 11(2), 2005.
- [17] Brain Training.
<http://es.videogames.games.yahoo.com/especiales/brain-training>
- [18] P. Brusilovsky y C. Peylo: Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 13:156–169, 2003.
- [19] G. McCalla: The central importance of student modeling to intelligent tutoring. En: *New Directions for Intelligent Tutoring Systems*, Springer Verlag, 1992.
- [20] R. Sison y M. Shimura: Student modeling and machine learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 9:128-158, 1998.
- [21] J. Beck, M. Stern y E. Haugsjaa: Applications of AI in Education. *Crossroads*, 3(1):11-15, 1996.
- [22] H. S. Nwana: Software Agents: An Overview. *Knowledge Engineering Review*, 1996.
- [23] K.P. Sycara: Multiagent Systems. *AI Magazine*, 19(2): 79-92, 1998.
- [24] A. Jafari: Conceptualizing intelligent agents for teaching and learning. *Educause Quaterly*, 25(3):28-34, 2002.
- [25] E. Sánchez., M. Lama, R. Amorim, A. Riera, J. Vila, S. Barro. A multi-tiered agent-based architecture for a cooperative learning environment. En: *Proceedings of IEEE Euromicro Conference on Parallel and Distributed Processing (PDP 2003)*, 2003.

- [26] A. Gómez-Pérez, M. Fernández-López y O. Corcho. *Ontological Engineering*, Springer Verlag, 2004.
- [27] S. Kabel, B. Wielinga., y R. de How. Ontologies for indexing Technical Manuals for Instruction. Proceedings of the AIED-Workshop on Ontologies for Intelligent Educational Systems, LeMans, France, 44-53. 1999.
- [28] A. Inaba, T. Tamura, R. Ohkubo, M. Ikeda, R. Mizoguchi y J. Toyoda: Design and Analysis of Learners Interaction based on Collaborative Learning Ontology. En: *Proceedings of the Second European Conference on Computer-Supported Collaborative Learning (Euro-CACL'2001)*, páginas 308-315, 2001.
- [29] R. Amorim, M. Lama, E. Sánchez, A. Riera y X.A. Vila: A Learning Design Ontology based on the IMS Specification. *Journal of Educational Technology & Society*, 9(1):38-57, 2006.
- [30] M. Lama y E. Sánchez (eds.): Actas del Taller de la CAEPAI'05 "Técnicas de la Inteligencia Artificial aplicadas a la Educación", 2005.
- [31] J. Santos y A. Bugarín (eds.): Actas de la XI Conferencia de la Asociación Española para la Inteligencia Artificial (CAEPIA), 2005.