







Tendencias actuales sobre sistemas de tutoría inteligente: Análisis bibliométrico. Oscar-Andrés Cuéllar-Rojas, Docente Investigador, ocuellar09@gmail.com



Resumen

En el artículo se hace un análisis bibliométrico, teniendo como eje central identificar las principales fuentes de información sobre los Sistemas de Tutoría Inteligente en educación, buscando establecer un estado del arte sobre las implementaciones realizadas en los últimos 5 años. Se parte de un análisis bibliométrico de 323 resúmenes. Los cuales permiten establecer con precisión la producción científica en el campo. Entre los principales hallazgos se encuentra la integración de técnicas de inteligencia artificial para optimizar los procesos de implementación.

Abstrac

In this paper, a bibliometric analysis is carried out, having as a central axis to identify the main sources of information on Intelligent Tutoring Systems in education, seeking to establish a state of the art on the implementations carried out in the last 5 years. It starts from a bibliometric analysis of 323 abstracts. Which allow to establish with precision the scientific production in the field. Among the main findings is the integration of artificial intelligence techniques to optimize implementation processes.







Introducción

Los cursos masivos en línea han superado los 110 millones de estudiantes (Shah, 2019) y la cantidad de participantes por curso excede fácilmente los 1000 en algunos de ellos (Kaser y Gütl, 2016). Cifras que justifican el uso de estrategias de acompañamiento de carácter masivo (Preguntas de selección múltiple, respuesta corta, análisis semántico de texto), con ellas se logra una retroalimentación constante y automática, minimizando la interacción con el tutor. Convirtiendo al estudiante en protagonista del proceso de aprendizaje. No obstante, la cantidad de datos que genera esta constante interacción, la velocidad y la variedad crecen de forma exponencial (Bigdata) y supera rápidamente la capacidad humana para analizarlos y tomar decisiones que no se centren únicamente en resultado numérico.

Responder a cuestiones cualitativas sobre **cada uno de los estudiantes**, tan específicas como: ¿Cuáles conceptos de los abordados en la clase requieren profundización? ¿Cuáles estudiantes tendrán dificultades en el curso por sus dinámicas de trabajo (Nivel de motivación, autonomía, autorregulación)? ¿Cuáles son los niveles de desempeño en las habilidades fundamentales del curso, desde la primera clase? Y todas aquellas relacionadas con el proceso individual de los sujetos resulta complejo, incluso para un número convencional de estudiantes. Ya que los procesos evaluativos de este nivel de personalización requieren de una inversión de tiempo por parte de los actores educativos que no se corresponde con el modelo de implementación (maximizar el número de participantes, minimizando el número de tutores).

Pensar en estas tareas para grupos masivos requiere de un sistema inteligente de procesamiento de datos, que aprenda de los mimos, acompañe a los estudiantes y realice las veces de un maestro digital.

En este contexto, surgen los sistemas de tutoría inteligentes (STI).

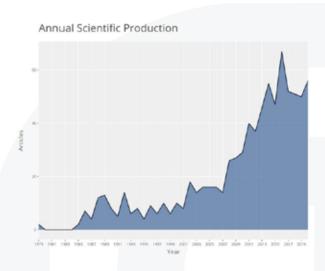
Contextualización

El origen de literatura especializada sobre tutores inteligentes se puede rastrear a 1979, aunque fue en 1986, cuando empezó a incrementarse la producción sobre el tema, el pico máximo de producción se dio en 2016, con 67 artículos publicados (Ver gráfica 1).









Gráfica 1 Creado a partir de datos de Scopus en RStudio con la Liberia bibliometrix

Los STI no son un desarrollo reciente, ya en 1988 Anderson, Chow y Goodchild los definían como herramientas que proporcionan al estudiante la misma ventaja de instrucción que un tutor humano puede proporcionar (debatible desde un punto de vista pedagógico). Sin embargo, los desarrollos tecnológicos de la época implicaban un coste alto para su correcta implementación.

Los primeros tutores inteligentes se basaban en un grupo de mensajes, condicionados a las interacciones de los participantes, usualmente de selección múltiple. Por tanto, era necesario que los desarrolladores contemplaran un gran número de posibilidades de respuesta y sus respectivas retroalimentaciones para acompañar al estudiante en su proceso (González, 2004). Con el paso del tiempo los tutores han logrado ganar un mayor nivel de acompañamiento según Freedman, Ali y McRo un STI "Es un sistema de software que utiliza técnicas de inteligencia artificial (IA) para representar el conocimiento e interactúa con los estudiantes para enseñárselo" (y 2000, p.2).

Con el objetivo de identificar sus características en la actualidad y proponer posibles rutas de implementación se realizó un análisis bibliométrico de la literatura existente.

Metodología









Haciendo uso del software RStudio y la librería Biblometrix, se analizaron los resultados de la siguiente ecuación de búsqueda en Scopus:

TITLE-ABS-KEY (tutoring AND intelligent AND education) AND (LIMIT-TO (SRCTYPE, "j"))

Limitando los resultados a los últimos 5 años de producción científica. En la tabla 1, se presenta una síntesis de los datos.

Tabla 1 características de los datos

información principal de los datos	
Periodo Analizado	2015:2020
Fuentes (Journals, Books, etc)	156
artículos	323
Promedio de citas por Artículo	9,854
Referencias	16420
Tipos de documentos	
artículos	301
Paper de conferencias	6
análisis de datos	1
editorial	1
Notas	1
Revisión de Literatura	13
DOCUMENT CONTENTS	
Autores	973

Resultados

La producción es los últimos 5 años se presenta en la gráfica 2, con un promedio de 52 papers por año, teniendo en cuenta los cambios en las dinámicas educativas generadas por el SARS-CoV-2, pueden incrementar estas estadísticas.







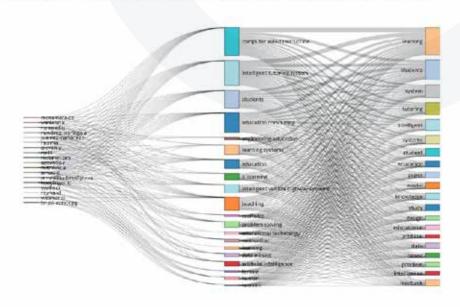
MACHINE LEARNING

Tendencias actuales sobre sistemas



Gráfica 2 Producción por año

En la gráfica 3, se observa que la mayoria de autores, esta haciendo uso de la instrucción asistida por computadora (CAI, recuadro de color azul), se trata de una técnica de instrucción interactiva mediante la cual se usa un dispositivo digital para presentar el material de instrucción y monitorear el aprendizaje que se lleva a cabo. CAI utiliza una combinación de texto, gráficos, sonido y video para mejorar el proceso de aprendizaje. En el mismo grafico se indica que los campos más estudiados son el de aprendizaje y los estudiantes.

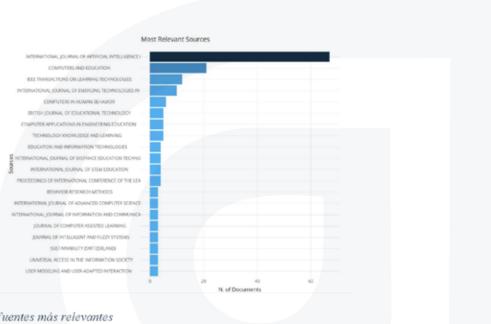


Gráfica 3 Tres campos, Autores, Palabras clave, resúmenes









Gráfica 4 Fuentes más relevantes

En la gráfica 4 se observa la principal revista, donde se han publicado estos desarrollos, se trata de la International Journal of Artificial Intelligence in Education, revista que se ubica en el cuartil Q1, con un índice H de 45. En síntesis, se trata de una revista de alto impacto en la comunidad científica.

En el gráfico, se presenta la aplicación de la ley de Bradford. Con ella es posible dividir las fuentes en 3 campos, donde el primero y el segundo, contienen las fuentes de mayor relevancia, con base en la gráfica 5, las revistas International Journal of Artificial Intelligence in Education y Computers and Education, contienen la información más relevante, seguidas de IEEE Transactions On Learning Technologies e International Journal Of Emerging Technologies In Learning.

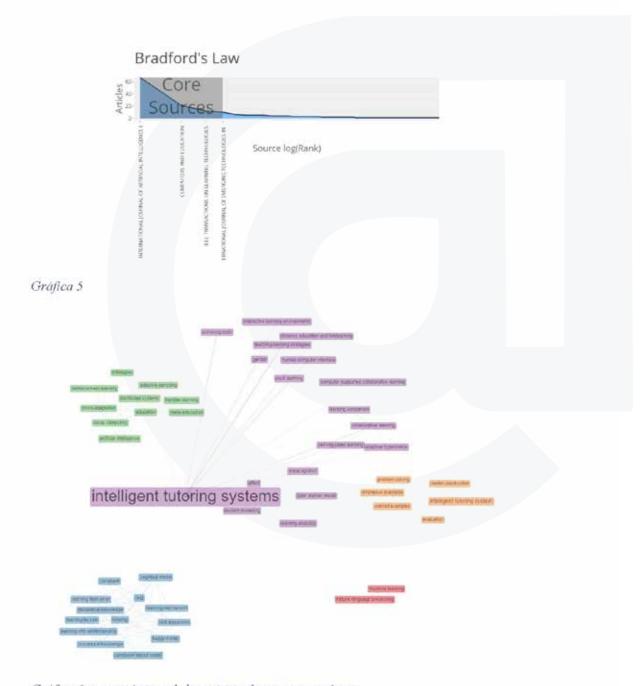








MACHINE LEARNINGTendencias actuales sobre sistemas



Gráfica 6 características de los principales grupos temáticos







Discusión y Conclusiones.

Los procesos educativos durante décadas se han centrado en la transferencia de información, en esencia se ha usado el modelo tradicional, el cual privilegia una posición vertical en la "adquisición de nuevo conocimiento", dejando ver al maestro en un nivel superior al de los estudiantes (De Zubiría, 2006). Sin embargo, este contexto se ha visto cuestionado por el fácil acceso a la información que han otorgado las tecnologías de la información y la comunicación. Hecho que abre la posibilidad de reconfigurar la relación maestro-estudiante, permitiendo pensar en un maestro que se convierta en aprendiz y construya conocimiento al lado de sus estudiantes, en otras palabras, es posible pensar en una relación horizontal.

Acercamientos a este tipo de relación, ya se han realizado por parte de grandes referentes de la educación superior. Uno de los casos más exitosos, lo ha desarrollado el Instituto Tecnológico de Massachusetts. Que ha optado por ofrecer cursos masivos en línea. Los cuales se diferencian de los cursos presenciales en que, además de ser gratuitos, son abiertos para cualquier estudiante del mundo, requieren de un trabajo evaluativo entre pares, reconfiguran el papel del docente y no tienen requisitos de ingreso. Estas características ponen fin a algunas de las barreras más comunes para acceder a la educación, costos y desplazamiento. Y promueven la incursión de los STI en la escuela, ya que, para lograrlo, es necesaria la implementación de tecnologías digitales que permitan el trabajo con grupos masivos de estudiantes, en cual el maestro puede innovar en sus prácticas, amplificar su campo de acción, minimizar costos de operación, cerrar la brecha digital y favorecer procesos de enseñanza-aprendizaje (García, 2015). Estos planteamientos son ratificados en el grafico 3. Donde se presentan los campos más estudiados en la literatura analizada, encontrado que la investigación se ha dirigido hacia la Instrucción Asistida por Computadora y los Sistemas de Tutoría Inteligente, específicamente a las categorías: aprendizaje y estudiantes.

Estos nuevos escenarios para la educación superior se dan gracias al desarrollo tecnológico de la sociedad, el cual ha permeado las prácticas escolares, tanto así que la enseñanza no se concibe lejos del uso de las tecnologías. Teniendo siempre presente que el hecho de incluirlas en los ambientes de aprendizaje no implica que las interacciones del aula sean mejores, sino que las prácticas de enseñanza estarán alineadas con el contexto, favoreciendo la







construcción colectiva del conocimiento. Según Gómez (1997, p.1). ".... Aunque la tecnología no es la solución a los problemas de la enseñanza y aprendizaje, hay indicios de que ella se convertirá paulatinamente en un agente catalizador del proceso de cambio en la educación."

Ahora bien, ¿por qué fijar la mirada en los STI? Las características del proceso educativo centrado en un modelo tradicional no promueven el desarrollo de competencias tecnológicas para los nuevos escenarios formales y no formales (Tofller, 1983). Por ejemplo, en la actualidad es común encontrar volúmenes considerables de noticias falsas en las redes sociales, una persona tecnológicamente competente debe estar en capacidad de filtrar esta información. No obstante, es común observar cómo se hacen virales acontecimientos que distan de la realidad. (González, 1997).

Estos riesgos fueron previstos desde 1985, Alvin Tofler, escritor estadounidense, doctorado en Letras, Leyes y Ciencia. Manifestó, que uno de los ejes fundamentales de la sociedad, se estaba quedando relegado en cuanto al cambio de paradigma.

En las características de la sociedad "actual". "Un analfabeta es aquel que no sabe dónde ir a buscar la información que requiere en un momento dado para resolver una problemática concreta. La persona formada para esta sociedad no lo será a base de conocimientos inamovibles que posea en su mente, sino en función de sus capacidades para conocer lo que precise en cada momento" (Toffler, 1985, pág. 56)

La educación que se imparte, desconociendo estos hechos, no permite cerrar las brechas digitales y cognitivas, por el contrario, la amplia, ya que cultiva un ambiente ideal para el analfabetismo tecnológico, impidiendo diversificar el conocimiento (UNESCO, 2005). En este sentido se va en contravía con muchos de sus propósitos:

- Invertir más en educación
- Multiplicar los lugares de acceso a las nuevas tecnologías
- · Alimentar el acceso universal al conocimiento
- Trabajar colaborativamente hacia un aprovechamiento del conocimiento científico.







- · Compartir el conocimiento ambiental
- · Dar prioridad a la diversidad lingüística
- Avanzar en la certificación de los conocimientos en internet
- · Solidaridad digital
- · Más mujeres en las sociedades del conocimiento.
- · Medir el conocimiento. (UNESCO, 2005)

Conclusiones

Con base en el análisis bibliométrico fue posible identificar las principales fuentes de información (ver grafica 4 y 5) e incluso encontrar vacíos teóricos (ver grafica 3). Que permitan dar respuesta a los retos planteados por la Unesco. Restringiendo el campo de búsqueda de un universo de 3800 documentos (resultado aproximado, al buscar textos relacionados con los STI) a tan solo 95 resultados (ver anexo 1). Estos últimos son textos en ingles de los últimos 5 años, publicados en revistas de alto impacto.

El análisis de estos resúmenes permitió sintetizar las principales características de los STI, presentadas en la gráfica 6, en ella es posible observar el surgimiento de 5 grupos, en los cuales aparecen categorías fundamentales para realizar futuras implementaciones, en la actualidad los STI, hacen uso de técnicas de inteligencia artificial (IA) como las redes neuronales o el procesado del lenguaje natural, este último de gran importancia, ya que permite a los estudiantes y docentes, interactuar a través de textos abiertos, sin el condicionamiento de la selección múltiple. Es decir, fomentan el trabajo con procesos de pensamiento de orden superior. Según Aldowah, Al-Samarraie & Fauzy (2019) la literatura actual sobre el uso de la minería de datos en el sector de la educación superior se concentra principalmente en el uso de técnicas como clasificación, agrupamiento, reglas de asociación, estadísticas y visualización para predecir, agrupar, modelar y monitorear diversas actividades de aprendizaje. Por otra parte, las investigaciones de Educational data mining (EDM) / learning analytics (LA) proporcionaron un nuevo enfoque, centrado en el aprendizaje colaborativo asistido por computadora con el propósito de explorar patrones. Que pueden









favorecer la evaluación de material de aprendizaje universitario y mejoras curriculares, además de la identificación de factores asociados con el éxito, el fracaso y la intención de abandono de los estudiantes entregando información valiosa para la toma de decisiones.

Según Cabero (2015), la TIC son fundamentalmente percibidas como catalizadoras y transmisoras de información y recursos educativos para los estudiantes. Desde esta posición, el docente se centra en el carácter instrumental de las mismas. Las TAC implican una concepción diferente, en ella las tecnologías son usadas para el aprendizaje y el conocimiento, por tanto, el maestro es responsable de realizar transformaciones metodológicas que impliquen ejecutar prácticas que no sea posible hacer sin ellas. Es decir, de innovar con ellas. Finalmente, esta las TEP, tecnologías para el empoderamiento y la participación. Se puede sintetizar en abandonar la postura de consumidor y pasar a la de prosumidor. Es decir, usar las Tecnologías digitales para crear nuevo conocimiento. Siendo este último el enfoque que posibilitan los STI, creando un punto de inflexión, ya que las mencionadas técnicas de IA les otorgan la capacidad de aprender, permitiendo que a través del tiempo su acompañamiento sea más personalizado.

Finalmente, en el gráfico 6, se destaca el aporte de las ciencias sociales, a partir de elementos como la autorregulación, motivación y autonomía. Sin dejar de lado la metacognición y los procesos relacionados con el aprendizaje. Con estas herramientas un STI es capaz de acompañar a un estudiante, haciendo devoluciones no solo en el campo del saber especifico. Al agregar técnicas de IA es posible realizar predicciones y tomar decisiones que favorezcan el desempeño de los participantes.

Referentes

Aldowah, H., Al-Samarraie, H., & Fauzy, W. M. (2019). Educational data mining and learning analytics for 21st century higher education: A review and synthesis. In Telematics and Informatics (Vol. 37, pp. 13–49). https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.01.007

Anderson, M., Chow, W. S., & Goodchild, D. J. 1988. The American Census: A Social History.







- Cabero Almenara, J., & del Carmen Llorente Cejudo, M. (2015). Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC): escenarios formativos y teorías del aprendizaje. Revista Lasallista de Investigación, 12(2).
- De Zubiría Samper, J. (2006). Los modelos pedagógicos: hacia una pedagogía dialogante. Coop. Editorial Magisterio.
- García, C. M. (2015). Diseño e implementación de cursos abiertos masivos en línea (MOOC): expectativas y consideraciones prácticas. Revista de Educación a Distancia, (39).
- González, C. J. S. (1997). Difusión de noticias falsas, empleo de violencia, amenaza o engaño, o utilización de información privilegiada para alterar los precios del mercado. Cuadernos de derecho judicial, (14), 11-34.
- González, C. S. (2004). Sistemas inteligentes en la educación: una revisión de las líneas de investigación y aplicaciones actuales. RELIEVE. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa, 10(1), 3-22.
- Gómez, P., Fernández, F. Graphics calculators use in Precalculus and achievement in Calculus. En PME (Ed., 1997). Proceedings of the 21th PME Conference. Lahti: University of Helsinki.
- Freedman, R., Ali, S. S., & McRoy, S. (2000). Links: what is an intelligent tutoring system?, intelligence, v. 11 n. 3.
- Kaser, S., & Gütl, C. (2016). Deserción y permanencia en entornos MOOC. Mooc Maker.
- Katz, R., & Callorda, F. (2011). Medición de Impacto del Plan Vive Digital en Colombia y de la Masificación de Internet en la Estrategia de Gobierno en Línea. Centro de Investigación de la Telecomunicaciones (CINTEL), Bogotá, Colombia, diciembre.
- Shah, D. (2019). By the numbers: MOOCs in 2019. Class Central. Retrieved from https: https://www.classcentral.com/report/mooc-stats-2019/
- Toffler Alvin: (1983) Avances y premisas. Plaza & Janés, Barcelona, 1983.
- Toffler, A. (1985). La tercera Ola. Barcelona: Orbis.
- UNESCO, I. M. (2005). Hacia las sociedades del conocimiento. Publicaciones Unesco. París.







Anexo 1 (artículos seleccionados para el análisis)

- Aleven, V., McLaren, B. M., Sewall, J., Van Velsen, M., Popescu, O., Demi, S., Ringenberg, M., & Koedinger, K. R. (2016). Example-Tracing Tutors: Intelligent Tutor Development for Non-programmers. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 224–269. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0088-2
- Aleven, V., Roll, I., McLaren, B. M., & Koedinger, K. R. (2016). Help Helps, but only so Much: Research on Help Seeking with Intelligent Tutoring Systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 205–223. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0089-1
- Baker, M. J. (2016). The Negotiation of Meaning in Epistemic Situations. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 133–149. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0050-3
- Baker, R. S. (2016). Stupid Tutoring Systems, Intelligent Humans. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 600–614. https://doi.org/10.1007/s40593-016-0105-0
- Balyan, R., McCarthy, K. S., & McNamara, D. S. (2020). Applying Natural Language Processing and Hierarchical Machine Learning Approaches to Text Difficulty Classification. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 30(3), 337–370. https://doi.org/10.1007/s40593-020-00201-7
- Behera, A., Matthew, P., Keidel, A., Vangorp, P., Fang, H., & Canning, S. (2020). Associating Facial Expressions and Upper-Body Gestures with Learning Tasks for Enhancing Intelligent Tutoring Systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 30(2), 236–270. https://doi.org/10.1007/s40593-020-00195-2







- Beyyoudh, M., Idrissi, M. K., & Bennani, S. (2019). Towards a new generation of intelligent tutoring systems. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(14), 105–121. https://doi.org/10.3991/ijet.v14i14.10664
- Bosch, N., & D'Mello, S. (2017). The Affective Experience of Novice Computer Programmers. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 27(1), 181–206. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0069-5
- Bull, S., & Kay, J. (2016). SMILI: A Framework for Interfaces to Learning Data in Open Learner Models, Learning Analytics and Related Fields. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 293–331. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0090-8
- Chen, X., Mitrovic, A., & Mathews, M. (2020). Learning from Worked Examples, Erroneous Examples, and Problem Solving: Toward Adaptive Selection of Learning Activities.

 IEEE Transactions on Learning Technologies, 13(1), 135–149. https://doi.org/10.1109/TLT.2019.2896080
- Chen, X., Mitrovic, A., & Mathews, M. (2019). Investigating the Effect of Agency on Learning from Worked Examples, Erroneous Examples and Problem Solving. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 29(3), 396–424. https://doi.org/10.1007/s40593-019-00179-x
- Chou, C.-Y., & Chan, T.-W. (2016). Reciprocal Tutoring: Design with Cognitive Load Sharing. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 512–535. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0083-7
- Conati, C. (2016). Commentary on: "toward Computer-Based Support of MetaCognitive Skills: A Computational Framework to Coach Self Explanation." *International Journal* of Artificial Intelligence in Education, 26(1), 183–192. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0074-8







- Cox, R., & Brna, P. (2016). Twenty Years on: Reflections on "supporting the Use of External Representations in Problem Solving"... *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 193–204. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0054-z
- de Chiusole, D., Stefanutti, L., Anselmi, P., & Robusto, E. (2020). Stat-Knowlab. Assessment and Learning of Statistics with Competence-based Knowledge Space Theory. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 30(4), 668–700. https://doi.org/10.1007/s40593-020-00223-1
- Dermeval, D., Paiva, R., Bittencourt, I. I., Vassileva, J., & Borges, D. (2018). Authoring Tools for Designing Intelligent Tutoring Systems: a Systematic Review of the Literature. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 28(3), 336–384. https://doi.org/10.1007/s40593-017-0157-9
- El Mamoun, B., Erradi, M., & El Mhouti, A. (2018). Using an intelligent tutoring system to support learners' WMC in e-learning: Application in mathematics learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 13(12), 142–156. https://doi.org/10.3991/ijet.v13i12.8938
- Gilbert, S. B., Slavina, A., Dorneich, M. C., Sinatra, A. M., Bonner, D., Johnston, J., Holub, J., MacAllister, A., & Winer, E. (2018). Creating a Team Tutor Using GIFT. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 28(2), 286–313. https://doi.org/10.1007/s40593-017-0151-2
- Goodman, B., Linton, F., & Gaimari, R. (2016). Encouraging Student Reflection and Articulation Using a Learning Companion: A Commentary. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 474–488. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0041-4
- Graesser, A. C. (2016). Conversations with AutoTutor Help Students Learn. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 124–132. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0086-4







- Greer, J., & Mark, M. (2016). Evaluation Methods for Intelligent Tutoring Systems Revisited. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 26(1), 387–392. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0043-2
- Grivokostopoulou, F., Perikos, I., & Hatzilygeroudis, I. (2017). An Educational System for Learning Search Algorithms and Automatically Assessing Student Performance. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 27(1), 207–240. https://doi.org/10.1007/s40593-016-0116-x
- Harley, J. M., Lajoie, S. P., Frasson, C., & Hall, N. C. (2017). Developing Emotion-Aware, Advanced Learning Technologies: A Taxonomy of Approaches and Features. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 27(2), 268–297. https://doi.org/10.1007/s40593-016-0126-8
- Harley, J. M., Taub, M., Azevedo, R., & Bouchet, F. (2018). "Let's Set Up Some Subgoals": Understanding Human-Pedagogical Agent Collaborations and Their Implications for Learning and Prompt and Feedback Compliance. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 11(1), 54–66. https://doi.org/10.1109/TLT.2017.2756629
- Heift, T. (2016). Web Delivery of Adaptive and Interactive Language Tutoring: Revisited. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 26(1), 489–503. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0061-0
- Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers and Education*, 153. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897
- Holmes, M., Latham, A., Crockett, K., & O'Shea, J. D. (2018). Near Real-Time Comprehension Classification with Artificial Neural Networks: Decoding e-Learner Non-Verbal Behavior. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 11(1), 5–12. https://doi.org/10.1109/TLT.2017.2754497







- Hooshyar, D., Ahmad, R. B., Yousefi, M., Fathi, M., Horng, S. J., & Lim, H. (2016). Applying an online game-based formative assessment in a flowchart-based intelligent tutoring system for improving problem-solving skills. *Computers and Education*, 94, 18–36. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.10.013
- Howard, C., Jordan, P., Di Eugenio, B., & Katz, S. (2017). Shifting the Load: a Peer Dialogue Agent that Encourages STI Human Collaborator to Contribute More to Problem Solving. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 27(1), 101–129. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0071-y
- Hsu, C.-C., & Wang, T.-I. (2018). Applying game mechanics and student-generated questions to an online puzzle-based game learning system to promote algorithmic thinking skills. *Computers and Education*, 121, 73–88. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.02.002
- Janning, R., Schatten, C., & Schmidt-Thieme, L. (2016). Perceived Task-Difficulty Recognition from Log-file Information for the Use in Adaptive Intelligent Tutoring Systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(3), 855–876. https://doi.org/10.1007/s40593-016-0097-9
- Jevremovic, A., Shimic, G., Veinovic, M., & Ristic, N. (2017). IP Addressing: Problem-Based Learning Approach on Computer Networks. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 10(3), 367–378. https://doi.org/10.1109/TLT.2016.2583432
- Jugo, I., Kovačić, B., & Slavuj, V. (2016). Increasing the adaptivity of an intelligent tutoring system with educational data mining: A system overview. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 11(3), 67–70. https://doi.org/10.3991/ijet.v11i03.5103
- Kaoropthai, C., Natakuatoong, O., & Cooharojananone, N. (2019). An intelligent diagnostic framework: A scaffolding tool to resolve academic reading problems of Thai first-year university students. *Computers and Education*, 128, 132–144. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.001







- Kautzmann, T. R., & Jaques, P. A. (2019). Effects of adaptive training on metacognitive knowledge monitoring ability in computer-based learning. *Computers and Education*, 129, 92–105. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.10.017
- Khodeir, N., Wanas, N., & Elazhary, H. (2018). Constraint-based student modeling in probability story problems with scaffolding techniques. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 13(1), 178–205. https://doi.org/10.3991/ijet.v13i01.7397
- Klašnja-Milićević, A., Vesin, B., & Ivanović, M. (2018). Social tagging strategy for enhancing e-learning experience. *Computers and Education*, 118, 166–181. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.12.002
- Koedinger, K. R., & Aleven, V. (2016). An Interview Reflection on "intelligent Tutoring Goes to School in the Big City." *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 13–24. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0082-8
- Krämer, N. C., Karacora, B., Lucas, G., Dehghani, M., Rüther, G., & Gratch, J. (2016). Closing the gender gap in STEM with friendly male instructors? on the effects of rapport behavior and gender of a virtual agent in an instructional interaction. *Computers and Education*, 99, 1–13. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.04.002
- Lin, F.-R., & Kao, C.-M. (2018). Mental effort detection using EEG data in E-learning contexts. *Computers and Education*, 122, 63–79. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.020
- Liu, M., Rus, V., & Liu, L. (2017). Automatic Chinese Factual Question Generation. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 10(2), 194–204. https://doi.org/10.1109/TLT.2016.2565477
- Liu, M., & Zhang, Q. (2019). Evaluation of student performance with predicted learning curve based on grey models for personalized tutoring. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(13), 157–171. https://doi.org/10.3991/ijet.v14i13.9880







- MacLellan, C. J., & Koedinger, K. R. (2020). Domain-General Tutor Authoring with Apprentice Learner Models. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. https://doi.org/10.1007/s40593-020-00214-2
- Maniktala, M., Cody, C., Barnes, T., & Chi, M. (2020). Avoiding Help Avoidance: Using Interface Design Changes to Promote Unsolicited Hint Usage in an Intelligent Tutor. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 30(4), 637–667. https://doi.org/10.1007/s40593-020-00213-3
- McCarthy, K. S., Likens, A. D., Johnson, A. M., Guerrero, T. A., & McNamara, D. S. (2018). Metacognitive Overload!: Positive and Negative Effects of Metacognitive Prompts in an Intelligent Tutoring System. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 28(3), 420–438. https://doi.org/10.1007/s40593-018-0164-5
- McManus, M. M., & Aiken, R. M. (2016). Supporting Effective Collaboration: Using a Rearview Mirror to Look Forward. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 365–377. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0068-6
- Mitrovic, A., & Suraweera, P. (2016). Teaching Database Design with Constraint-Based Tutors. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 26(1), 448–456. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0084-6
- Mohamed, H., & Lamia, M. (2018). Implementing flipped classroom that used an intelligent tutoring system into learning process. *Computers and Education*, 124, 62–76. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.011
- Mostafavi, B., & Barnes, T. (2017). Evolution of an Intelligent Deductive Logic Tutor Using Data-Driven Elements. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 27(1), 5–36. https://doi.org/10.1007/s40593-016-0112-1
- Mousavi, A., Schmidt, M., Squires, V., & Wilson, K. (2020). Assessing the Effectiveness of Student Advice Recommender Agent (SARA): the Case of Automated Personalized Feedback. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. https://doi.org/10.1007/s40593-020-00210-6







- Murray, T. (2016). Coordinating the Complexity of Tools, Tasks, and Users: On Theorybased Approaches to Authoring Tool Usability. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 37–71. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0076-6
- Nam, S., Frishkoff, G., & Collins-Thompson, K. (2018). Predicting Students' Disengaged Behaviors in an Online Meaning-Generation Task. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 11(3), 362–375. https://doi.org/10.1109/TLT.2017.2720738
- Nye, B. D. (2016). STI, the End of the World as We Know It: Transitioning AIED into a Service-Oriented Ecosystem. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 756–770. https://doi.org/10.1007/s40593-016-0098-8
- Ohlsson, S. (2016). Constraint-Based Modeling: From Cognitive Theory to Computer Tutoring And Back Again. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 457–473. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0075-7
- Pandarova, I., Schmidt, T., Hartig, J., Boubekki, A., Jones, R. D., & Brefeld, U. (2019).
 Predicting the Difficulty of Exercise Items for Dynamic Difficulty Adaptation in Adaptive Language Tutoring. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 29(3), 342–367. https://doi.org/10.1007/s40593-019-00180-4
- Perikos, I., Grivokostopoulou, F., & Hatzilygeroudis, I. (2017). Assistance and Feedback Mechanism in an Intelligent Tutoring System for Teaching Conversion of Natural Language into Logic. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 27(3), 475–514. https://doi.org/10.1007/s40593-017-0139-y
- Price, T. W., Dong, Y., Zhi, R., Paaßen, B., Lytle, N., Cateté, V., & Barnes, T. (2019). A Comparison of the Quality of Data-Driven Programming Hint Generation Algorithms. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 29(3), 368–395. https://doi.org/10.1007/s40593-019-00177-z
- Rajendran, R., Iyer, S., & Murthy, S. (2019). Personalized Affective Feedback to Address Students' Frustration in STI. IEEE Transactions on Learning Technologies, 12(1), 87– 97. https://doi.org/10.1109/TLT.2018.2807447







- Ramachandran, L., Gehringer, E. F., & Yadav, R. K. (2017). Automated Assessment of the Quality of Peer Reviews using Natural Language Processing Techniques. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 27(3), 534–581. https://doi.org/10.1007/s40593-016-0132-x
- Rapp, C., & Kauf, P. (2018). Scaling Academic Writing Instruction: Evaluation of a Scaffolding Tool (Thesis Writer). *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 28(4), 590–615. https://doi.org/10.1007/s40593-017-0162-z
- Rau, M. A. (2017). A Framework for Educational Technologies that Support Representational Competencies. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 10(3), 290–305. https://doi.org/10.1109/TLT.2016.2623303
- Richey, J. E., Andres-Bray, J. M. L., Mogessie, M., Scruggs, R., Andres, J. M. A. L., Star, J. R., Baker, R. S., & McLaren, B. M. (2019). More confusion and frustration, better learning: The impact of erroneous examples. *Computers and Education*, 139, 173–190. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.05.012
- Riofrío-Luzcando, D., Ramírez, J., & Berrocal-Lobo, M. (2017). Predicting student actions in a procedural training environment. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 10(4), 463–474. https://doi.org/10.1109/TLT.2017.2658569
- Ritter, S. (2016). Plug-in Tutor Agents: Still Pluggin'. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 405–415. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0062-z
- Rivers, K., & Koedinger, K. R. (2017). Data-Driven Hint Generation in Vast Solution Spaces: a Self-Improving Python Programming Tutor. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 27(1), 37–64. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0070-z
- Roll, I., Russell, D. M., & Gašević, D. (2018). Learning at Scale. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 28(4), 471–477. https://doi.org/10.1007/s40593-018-0170-7







- Roll, I., & Wylie, R. (2016). Evolution and Revolution in Artificial Intelligence in Education. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 26(2), 582–599. https://doi.org/10.1007/s40593-016-0110-3
- Salihoun, M., Guerouate, F., Berbiche, N., & Sbihi, M. (2017). How to assist tutors to rebuild groups within an STI by exploiting traces. case of a closed forum. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 12(3), 169–181. https://doi.org/10.3991/ijet.v12i03.6506
- Schroeder, N. L., Romine, W. L., & Craig, S. D. (2017). Measuring pedagogical agent persona and the influence of agent persona on learning. *Computers and Education*, 109, 176–186. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.02.015
- Smith, A., Leeman-Munk, S., Shelton, A., Mott, B., Wiebe, E., & Lester, J. (2019). A Multimodal Assessment Framework for Integrating Student Writing and Drawing in Elementary Science Learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 12(1), 3– 15. https://doi.org/10.1109/TLT.2018.2799871
- Snow, E. L., Likens, A. D., Allen, L. K., & McNamara, D. S. (2016). Taking Control: Stealth Assessment of Deterministic Behaviors Within a Game-Based System. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(4), 1011–1032. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0085-5
- Strobl, C., Ailhaud, E., Benetos, K., Devitt, A., Kruse, O., Proske, A., & Rapp, C. (2019). Digital support for academic writing: A review of technologies and pedagogies. *Computers and Education*, 131, 33–48. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.12.005
- Suleman, R. M., Mizoguchi, R., & Ikeda, M. (2016). A New Perspective of Negotiation-Based Dialog to Enhance Metacognitive Skills in the Context of Open Learner Models. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(4), 1069–1115. https://doi.org/10.1007/s40593-016-0118-8
- Sun, J. C.-Y., & Yeh, K. P.-C. (2017). The effects of attention monitoring with EEG biofeedback on university students' attention and self-efficacy: The case of anti-







- phishing instructional materials. *Computers and Education*, 106, 73–82. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.003
- Sung, Y. T., Liao, C. N., Chang, T. H., Chen, C. L., & Chang, K. E. (2016). The effect of online summary assessment and feedback system on the summary writing on 6th graders: The LSA-based technique. *Computers and Education*, 95, 1–18. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.12.003
- Syed Mustapha, S. M. F. D. (2018). Building learning system for content knowledge and social knowledge. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 13(1), 4–22. https://doi.org/10.3991/ijet.v13i01.6912
- Tacoma, S., Heeren, B., Jeuring, J., & Drijvers, P. (2020). Intelligent Feedback on Hypothesis Testing. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 30(4), 616–636. https://doi.org/10.1007/s40593-020-00218-y
- Taub, M., & Azevedo, R. (2019). How Does Prior Knowledge Influence Eye Fixations and Sequences of Cognitive and Metacognitive SRL Processes during Learning with an Intelligent Tutoring System? *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 29(1). https://doi.org/10.1007/s40593-018-0165-4
- Valdés Aguirre, B., Ramírez Uresti, J. A., & Boulay, B. (2016). An Analysis of Student Model Portability. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(3), 932–974. https://doi.org/10.1007/s40593-016-0113-0
- VanLehn, K. (2016). Reflections on Andes' Goal-free User Interface. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 82–90. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0067-7
- VanLehn, K., Banerjee, C., Milner, F., & Wetzel, J. (2020). Teaching Algebraic Model Construction: A Tutoring System, Lessons Learned and an Evaluation. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 30(3), 459–480. https://doi.org/10.1007/s40593-020-00205-3







- VanLehn, K., Chung, G., Grover, S., Madni, A., & Wetzel, J. (2016). Learning Science by Constructing Models: Can Dragoon Increase Learning without Increasing the Time Required? *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(4), 1033– 1068. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0093-5
- Vanlehn, K., Wetzel, J., Grover, S., & Van De Sande, B. (2017). Learning How to Construct Models of Dynamic Systems: An Initial Evaluation of the Dragoon Intelligent Tutoring System. IEEE Transactions on Learning Technologies, 10(2), 154–167. https://doi.org/10.1109/TLT.2016.2514422
- Vanlehn, K., Zhang, L., Burleson, W., Girard, S., & Hidago-Pontet, Y. (2017). Can a Non-Cognitive Learning Companion Increase the Effectiveness of a Meta-Cognitive Learning Strategy? *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 10(3), 277–289. https://doi.org/10.1109/TLT.2016.2594775
- VanLehn, K. (2016). Regulative Loops, Step Loops and Task Loops. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 107–112. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0056-x
- Walkington, C., & Bernacki, M. L. (2019). Personalizing Algebra to Students' Individual Interests in an Intelligent Tutoring System: Moderators of Impact. *International Journal* of Artificial Intelligence in Education, 29(1), 58–88. https://doi.org/10.1007/s40593-018-0168-1
- Weber, G., & Brusilovsky, P. (2016). ELM-ART An Interactive and Intelligent Web-Based Electronic Textbook. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 72–81. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0066-8
- Westera, W., Dascalu, M., Kurvers, H., Ruseti, S., & Trausan-Matu, S. (2018). Automated essay scoring in applied games: Reducing the teacher bandwidth problem in online training. *Computers and Education*, 123, 212–224. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.010







- Weston-Sementelli, J. L., Allen, L. K., & McNamara, D. S. (2018). Comprehension and Writing Strategy Training Improves Performance on Content-Specific Source-Based Writing Tasks. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 28(1), 106– 137. https://doi.org/10.1007/s40593-016-0127-7
- Wiggins, J. B., Grafsgaard, J. F., Boyer, K. E., Wiebe, E. N., & Lester, J. C. (2017). Do You Think You Can? The Influence of Student Self-Efficacy on the Effectiveness of Tutorial Dialogue for Computer Science. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 27(1), 130–153. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0091-7
- Wiley, J., Hastings, P., Blaum, D., Jaeger, A. J., Hughes, S., Wallace, P., Griffin, T. D., & Britt, M. A. (2017). Different Approaches to Assessing the Quality of Explanations Following a Multiple-Document Inquiry Activity in Science. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 27(4), 758–790. https://doi.org/10.1007/s40593-017-0138-z
- Wu, S. P. W., Corr, J., & Rau, M. A. (2019). How instructors frame students' interactions with educational technologies can enhance or reduce learning with multiple representations. *Computers and Education*, 128, 199–213. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.012
- Yan, H., Lin, F., & Kinshuk. (2020). Including Learning Analytics in the Loop of Self-Paced Online Course Learning Design. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. https://doi.org/10.1007/s40593-020-00225-z
- Zhang, J.-C. (2016). Adaptive learning environment system based on multi-event driven technology. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 11(11), 37–42. https://doi.org/10.3991/ijet.v11i11.6250
- Zhang, Q., Yang, D., Fang, P., Liu, N., & Zhang, L. (2020). Develop Academic Question Recommender Based on Bayesian Network for Personalizing Student's Practice. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(18), 4–19. https://doi.org/10.3991/ijet.v15i18.11594













