

ARTÍCULO ORIGINAL

Sistema inteligente aplicado al diagnóstico académico

Intelligent system applied to academic diagnosis

Yumilka Bárbara Fernández Hernández
yumilka@gmail.com • <https://orcid.org/0000-0002-9569-5348>

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA, MÉXICO

Olga Pérez González
olga.perez@reduc.edu.cu • <https://orcid.org/0000-0003-4475-814X>

Yanela Rodríguez Álvarez
yanela.rodriguez@reduc.edu.cu • <https://orcid.org/0000-0003-2232-2265>

Yaile Caballero Mota
yaile.caballero@reduc.edu.cu • <https://orcid.org/0000-0002-6725-5812>

UNIVERSIDAD DE CAMAGÜEY, CUBA

Recibido: 2023-11-06 • Aceptado: 2023-12-25

RESUMEN

En este trabajo se propone el software SAICCAD (Sistema para el Aprendizaje con algoritmos que utilizan Inteligencia Colectiva, Conjuntos Aproximados y Difusos), una aplicación de escritorio que posee interfaz amigable y a la vez fácil de utilizar. Tiene como objetivo principal ofrecer a la comunidad investigadora una herramienta tecnológica que permita aplicar algoritmos de selección de atributos, clasificación y predicción, con el uso de técnicas de Inteligencia Artificial (IA). Este artículo presenta la utilización del SAICCAD en el área de las ciencias pedagógicas, específicamente para el diagnóstico académico en el colectivo de año universitario, aunque su uso puede ser ampliado a otras esferas de la sociedad. El diagnóstico pedagógico es una premisa imprescindible en el proceso docente-educativo, que tiene en cuenta el análisis de las necesidades del estudiante y culmina en la toma de decisiones sobre las intervenciones que se pueden realizar. Con los resultados que el sistema ofrece, el profesor puede definir un grupo de acciones específicas para lograr que los estudiantes pasen el curso satisfactoriamente. Esta aplicación obtiene de manera rápida y precisa las variables más importantes que influyen en el proceso de diagnóstico pedagógico, a partir del conjunto de datos de los alumnos. Es un software que reúne elementos educativos, de análisis y predicción, que contribuye al objetivo Educación de calidad de la Agenda 2030 y a la informatización de los procesos educativos, como parte indispensable de la sociedad.

Palabras clave: diagnóstico pedagógico, herramienta, inteligencia artificial.

ABSTRACT

This work proposes the SAICCAD software (System for Learning Algorithms using Collective Intelligence, Approximate and Fuzzy Sets), a desktop application, which has a friendly interface and at the same time easy to use. Its main objective is to offer the research community a technological tool that allows the application of attribute selection, classification and prediction algorithms with the use of artificial intelligence techniques. This article presents the use of SAICCAD in the area of pedagogical sciences, specifically for academic diagnosis in the university, although its use can be broad in other spheres of society. The pedagogical diagnosis is an essential premise in the educational teaching process, which takes into account the analysis of the student's needs and culminates in making decisions about the interventions that can be carried out. With the results provided by the system, the teacher can define a group of specific actions to ensure that students pass the course satisfactorily. This application quickly and accurately obtains the most important variables that influence the pedagogical diagnosis process from the students' data set. It is a software that brings together educational elements, as well as analysis and prediction elements that contribute to the quality education objective of the 2030 Schedule and to the informatization of educational processes.

Keywords: pedagogical diagnosis, tool, artificial intelligence.

INTRODUCCIÓN

La Agenda 2030 de las Naciones Unidas (2018) tiene como objetivo número 4: Educación de calidad, de ahí la utilidad de esta investigación, que ofrece una nueva herramienta a los educadores para obtener un diagnóstico pedagógico satisfactorio de los estudiantes, utilizando técnicas de Inteligencia Artificial (IA) y así facilita a los profesores la toma de decisiones y de acciones encaminadas a lograr mejores resultados en los alumnos.

El diagnóstico en las ciencias pedagógicas ha sido definido por diferentes autores (Prieto y Ayala, 2020; Tenesaca, Medina y Álvarez, 2021; Frías, Sandoval, Salvador, Muñoz, Guzmán y Cruz, 2015) y es fundamental para conocer los fenómenos educativos con rigor, constituyendo un paso previo necesario para intervenir adecuadamente sobre ellos. Los contextos educativos se han transformado como consecuencia de cambios sociales, económicos y tecnológicos, y en este escenario resulta cada vez más necesario su presencia activa y colaborativa en los contextos escolares y extraescolares. Se trata de realizar un diagnóstico no limitado en exclusiva a la detección de problemas organizativos, curriculares o técnicos de la educación, sino a la prevención, la individualización y la mejora de la calidad del proceso educativo, debiendo ser considerado como la orientación educativa, una disciplina técnico-cultural aplicada, siendo una de sus finalidades comprender y valorar las situaciones sobre las que se opera, para que puedan establecerse en ellas cambios ventajosos a nivel educativo (Amaya, 1993).

Es reseñable, también, otro hecho que está subrayando y haciendo imprescindible la presencia del diagnóstico en la escuela: las actuales concepciones sobre el aprendizaje que nos dicen que, aunque este cuenta con leyes y principios de carácter general, cuando se aplica a sujetos concretos se dan numerosas excepciones y una dispersión muy heterogénea, que ni la edad ni ninguna otra variable resuelven del todo. Es decir, hoy se acepta generalmente que el aprendizaje es singular; cada alumno aprende de una manera concreta, a un ritmo propio y por unos

procedimientos y estrategias muy peculiares. Nacen así los sistemas individualizados de enseñanza, que no podrán ser calificados como tales, si en ellos no está presente el diagnóstico que dé pie para enseñar a cada alumno, a que ritmo y con qué métodos.

El diagnóstico pedagógico presenta algunos retos y demandas socioeducativas actuales, como son los fenómenos relativamente nuevos que están haciendo en nuestra sociedad una irrupción tan impetuosa como delicada y preocupante: el fenómeno de la emigración, la interculturalidad, la integración social de grupos o etnias desfavorecidas, grupos marginales y con deprivación sociocultural. Ante esta problemática, la educación y el diagnóstico como parte de ella deberá ser un valioso medio para detectar, identificar, valorar y explicar el origen de estos problemas y así evitar riesgos, prevenir consecuencias y marcar pautas acertadas de tratamiento.

Las TIC y la Inteligencia Artificial

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) son catalizadores que transforman y modifican los actuales escenarios de aprendizaje. Con ello emerge la necesidad de fortalecer las competencias de los docentes en los diferentes niveles de educación, que contribuyan en el uso pedagógico de las TIC, propiciando motivación y dinamizando los procesos de enseñanza-aprendizaje que se vinculan a los requerimientos de la sociedad del conocimiento (Karina, Chuquimarca y Garrido, 2020).

Actualmente, uno de los debates más significativos en el campo de la educación es la integración de las TIC, autores como Area, Hernández y Sosa (2016) resaltan la importancia de valorar las posibilidades, en relación con los objetivos y fines educativos, siendo este el mayor desafío de los docentes. Todos los esfuerzos de las instituciones educativas para su integración se han limitado a equiparlos con grandes infraestructuras y terminan siendo subutilizadas, pues se siguen manejando procesos tradicionalistas y memorísticos, a pesar de ser interactivas, flexibles y capaces de transferir información amplia e instantánea (Unesco, 2008).

La integración de la tecnología es un proceso continuo y dinámico, que requiere una profunda implicación de los docentes. En este mismo sentido, Maldonado (2018) señala que la práctica pedagógica del docente se ha diversificado y constituye nuevas relaciones en torno al saber, principalmente por los retos y desafíos de la sociedad actual, lo que implica una formación permanente y el desarrollo de competencias científicas, ciudadanas y tecnológicas digitales que se adapten a los requerimientos de los estudiantes.

Levano, Sánchez, Guillén, Tello, Herrera y Collantes (2019) indagan una serie de estándares de competencias en TIC, que permitan a los docentes una apropiación de habilidades, conocimientos y actitudes para buscar nuevas capacidades pedagógicas en relación con las tecnologías orientadas a la formación profesional y la búsqueda de novedosos planteamientos curriculares.

La Inteligencia Artificial (IA), como parte de las tecnologías más novedosas, es una herramienta potente que se puede utilizar en las ciencias pedagógicas. La utilización de la IA en la rama de la pedagogía, tanto en tareas de diagnóstico como de predicción, es amplia. Las aplicaciones inteligentes surgen a diario para ayudar a pedagogos, psicólogos y profesionales del área de la educación en su misión educativa. Los métodos y las técnicas de IA que se utilizan con esta finalidad son varios: sistemas expertos, conjuntos aproximados, conjuntos borrosos, generación de reglas y redes neuronales, solo por mencionar algunas (Reyes, Martínez, Milanés y Roque, 2021). Son diversas las ramas de la educación en las que se utiliza este tipo de aplicaciones: el comportamiento de los estudiantes (González, Picie, Hernández y Onofre, 2019; Chen, DiZou y Hwang, 2020; Yang, Ogata, Tatsunori y Chen, 2021), en el estudio de la motivación de estudiantes de nivel primario (YiLin, Chai, Siu-Yung, Dai, Guo y Qin, 2021) y otras (Chassignol, Khoroshavin, Klimova y Bilyatdinova, 2018).

El aprendizaje automatizado es el área de la IA que se ocupa de desarrollar técnicas capaces de aprender, es decir, de extraer de forma automatizada conocimiento subyacente en la información. Constituye, junto con la estadística, el corazón del análisis inteligente de los datos.

La aplicación de un algoritmo de aprendizaje tiene como objetivo extraer conocimiento de un conjunto de datos y modelar ese conocimiento para su posterior aplicación en la toma de decisiones. Existen distintas formas de representar el modelo generado: representación proposicional, árboles de decisión, reglas de decisión, razonamiento basado en casos, listas de decisión, reglas con excepciones, reglas jerárquicas de decisión, reglas difusas y probabilidades, y redes neuronales están entre las estructuras más utilizadas.

Informalmente, la tarea de un algoritmo de clasificación supervisada es generar un buen clasificador a partir de un conjunto de ejemplos etiquetados. A continuación, este clasificador puede ser utilizado para identificar casos no etiquetados, con el objetivo de predecir la clase correcta. Un clasificador puede ser evaluado por su exactitud, comprensibilidad u otras propiedades deseables que determinen cuánto de apropiado es para la tarea que se va a realizar.

La meta en los problemas de clasificación es encontrar un modelo que dé como respuesta una clase —de un número finito de clases—, teniendo como entrada distintas variables sobre el problema. Clasificar objetos es un proceso de la inteligencia de máximo interés para investigadores tanto de psicología como de informática, dado que la habilidad de realizar una clasificación y de aprender a clasificar otorga el poder de tomar decisiones. Se puede decir que una instancia es una lista fija de valores de atributos y describe los datos con los que se trabajará, por ejemplo, persona, estudiante, planta y otras.

Un atributo o variable es una propiedad de la instancia. Puede ser de dos tipos: los atributos discretos que a su vez se clasifican en nominales u ordinales y continuos que son los que incluyen los valores reales. En cada instancia se encuentra un atributo específico, que es el denominado como la clase, el cual describe el fenómeno que se quiere aprender o se quiere predecir. Una instancia no clasificada es aquella que no cuenta con el atributo o variable clase definido.

Un conjunto de datos son aquellas instancias clasificadas, es decir, que cuentan con todas las variables y la clase decisión. Un ejemplo se puede ver en la tabla 1, donde Edad, Sexo, Tipo de Estudiante, Escalafón, Matemática I y Física I son variables y la columna Necesidad de ayuda es la clase decisión; en esta columna la predicción puede ser que el estudiante sea clasificado: Sin Necesidad de Ayuda (SNA) o Con Necesidad de Ayuda (CNA).

Tabla 1. Ejemplo de conjunto de datos de estudiantes

	Edad	Sexo	Tipo de estudiante	Escalafón	Matemática I	Física I	Necesidad de ayuda
Estudiante 1	19	M	No becado	93.5	4	3	SNA
Estudiante 2	20	M	Becado	87.76	3	4	CNA
Estudiante 3	19	F	Becado	90.92	3	3	CNA

Un clasificador es una función que obtiene la clase de una instancia sin clasificar. Todos los clasificadores tienen una estructura de datos almacenada que deben interpretar a la hora de generar la clase para la instancia sin clasificar. Por ejemplo, los árboles de decisión tienen almacenado un árbol que proyecta una instancia no clasificada a una determinada categoría, siguiendo el camino desde la raíz hasta las hojas del árbol y devolviendo la categoría de la correspondiente hoja. La exactitud de un clasificador es la probabilidad de clasificar correctamente una instancia seleccionada al azar.

El aprendizaje de reglas de clasificación es un problema clásico del aprendizaje automático. La mayoría de los métodos tratan de generar reglas, siguiendo una estrategia de cubrimiento secuencial. Estos métodos utilizan un conjunto de entrenamiento (o aprendizaje) compuesto por objetos descritos por atributos de condición (con los cuales se forman las condiciones) y el rasgo de decisión (clase).

METODOLOGÍA

Se aplicaron los métodos análisis y síntesis, inducción-deducción y análisis cualitativo. De la IA se utilizan la selección de atributos, la clasificación y los algoritmos de predicción. Los métodos y las técnicas de IA posibilitan la predicción de los resultados académicos y los atributos de los estudiantes que tienen mayor importancia en el diagnóstico pedagógico.

El diseño de la realización del diagnóstico pedagógico consta de cuatro etapas. La primera etapa se enfocó en la elección de las variables que se deben tener presente para este diagnóstico, con el uso de entrevistas realizadas a expertos y el análisis de bibliografía sobre el tema (Alban y Mauricio, 2019; Cruz, González y Rangel, 2022; Hoyos y Daza, 2023); de este estudio resultaron escogidas 14 variables: sexo, edad, municipio, estudios de la madre, estudios del padre, centro de procedencia, carrera, beca, índice académico, escalafón, nota de matemática en pruebas de ingreso, nota de español, nota de historia y la opción en la que se solicitó la carrera. En la segunda etapa se recopiló la información relacionada con las variables del proceso educativo en soporte digital, creando la base de conocimiento con esos datos. En la tercera etapa se utilizan métodos y técnicas de IA presentes en el sistema SAICCAD, para analizar los datos de las variables obtenidas de la etapa anterior y definir cuáles de estos tienen mayor importancia para el diagnóstico. En una cuarta etapa se predicen los resultados académicos de los estudiantes para los que se utilizaron los datos del primer año de las carreras de ingeniería de la Universidad de Camagüey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro de la IA están métodos basados en la Inteligencia Colectiva, Conjuntos Aproximados y Difusos. Este trabajo propone la utilización de nuevos algoritmos basados en reglas de clasificación y métodos de aprendizaje, de prototipos y para el cálculo de pesos de las variables utilizadas en el proceso de diagnóstico pedagógico de los estudiantes. Los algoritmos que se utilizan en el software SAICCAD son: IRBASIR, IRBASIR Fuzzy v1, v2, v3 e



IRBASIRRED (basados en reglas de clasificación); MLP+PSO+RST y MLP+PSO+RST+Fuzzy (como métodos de aprendizaje); NP-BASIR Sel y NP-BASIR Gen (métodos de selección y generación de prototipos); y PSO+RST y PSO+RST Fuzzy (para el cálculo de pesos de las variables). A continuación, se muestra una imagen de la nueva herramienta (figura 1).

Figura 1. Herramienta SAICCAD para el diagnóstico pedagógico.

Con el objetivo de comprobar la eficiencia de los nuevos métodos disponibles en el sistema, se llevaron a cabo experimentos con conjuntos de datos internacionales y se realizaron comparaciones con otros métodos (Fernández, Filiberto, Frías, Bello y Caballero, 2015; Fernández, Bello, Filiberto y Frías, 2015). Los resultados demostraron que los nuevos algoritmos proveen certeras soluciones para cada una de sus funciones, haciendo de esta forma mucho más eficaz el trabajo con el software desarrollado y se utilizaron en la base de conocimiento de los estudiantes de las carreras de ingeniería en la Universidad de Camagüey.

El sistema SAICCAD es una aplicación Desktop, que posee una interfaz amigable y a la vez fácil de utilizar. SAICCAD fue desarrollado haciendo uso de la plataforma NetBeans IDE 7.4 RC1 y el lenguaje de programación de alto nivel Java. Es un sistema informático que permite la selección de variables relevantes de un conjunto de datos (base de casos), a través de diversos algoritmos de este tipo, dándole la posibilidad al usuario de modificar los parámetros necesarios para la ejecución de los algoritmos, así como el registro de toda la información que interviene en este análisis. Gracias a esta aplicación se logra obtener de manera rápida y precisa el subconjunto de variables relevantes que describe al conjunto de datos, manteniendo la calidad de la clasificación. Además, se brindan al usuario reportes donde se muestran los resultados de cada uno de los algoritmos utilizados.

Entre las ventajas que posee NetBeans IDE están: es un producto libre y gratuito sin restricciones de uso; es un entorno integrado de desarrollo gratuito, de código abierto para desarrolladores de software; es fácil de instalar y de uso instantáneo; se ejecuta en varias plataformas, incluyendo Windows, Linux y Mac OS X y Solaris. Java es un lenguaje independiente de plataforma, por lo cual los programas desarrollados en Java correrán en cualquier sistema sin cambios.

Para la utilización del sistema SAICCAD se hizo necesario confeccionar una base de conocimientos con los datos de los estudiantes de primer año de las carreras de ingeniería en la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, desde el curso 2016 al 2019, tomados de la secretaría docente de las facultades de ingeniería eléctrica, mecánica, química e informática. Se tuvieron en cuenta los datos de 747 estudiantes, que incluyeron variables como sus datos personales, tanto demográficos y socioeconómicos como académicos.

El sistema SAICCAD posibilita la obtención automatizada de variables relevantes en los estudiantes, para realizar el diagnóstico pedagógico y realizar el cálculo de los pesos de estas variables, lo que permite determinar la importancia de estas y la aplicación de métodos de aprendizaje, generación de reglas y construcción de prototipos, para predecir los resultados que obtendrán los estudiantes al finalizar el primer año de ingeniería. A continuación se describen los nuevos métodos que han sido implementados en la herramienta SAICCAD.

Para realizar el cálculo de pesos de las variables de los estudiantes y determinar la importancia de estas están implementados los algoritmos: PSO+RST y PSO+RST Fuzzy. El Algoritmo PSO+RST se define en Filiberto y Bello (2010) y el Algoritmo PSO+RST Fuzzy se describe en Fernández, Coello, Filiberto, Bello y Falcón (2014). Este método posee modificaciones de PSO+RST.

Como algoritmos de clasificación y predicción están:

- *IRBASIR (Inducción de Reglas Basado en Relaciones de Similaridad): está descrito en Filiberto, Bello, Caballero y Frías (2011). Dado un sistema de decisión, con m objetos, en este caso m = número de

estudiantes, el conjunto A contiene n rasgos de dominios continuos o discretos, donde n = las variables de los alumnos (datos demográficos, socioeconómicos y académicos).

- IRBASIR Fuzzy v.1, IRBASIR Fuzzy v.2, IRBASIR Fuzzy v.3, algoritmos basados en IRBASIR, con modificaciones basadas en la teoría de los conjuntos borrosos (Fernández, Filiberto, Frías, Bello y Caballero, 2015).
- IRBASIRRED: algoritmo propuesto en Fernández, Bello, Filiberto, Frías y Caballero (2013). En IRBASIRRED, las reglas generadas incluyen solo los rasgos resultantes del método de REDUCTSIM en su parte de la condición.
- MLP+PSO+RST: algoritmo destinado a la predicción, combinado con el método de cálculo de pesos PSO+RST, en el que se le asignan los pesos de las variables que se obtienen del método PSO+RST.
- MLP+PSO+RST Fuzzy: algoritmo destinado a la predicción, combinado con el método de cálculo de pesos PSO+RST+Fuzzy, en el que se le asignan los pesos de las variables que se obtienen del método PSO+RST+Fuzzy. Este método está descrito en Fernández, Coello, Filiberto, Bello, Falcón (2014)

Con el objetivo de mejorar el rendimiento de los clasificadores y predictores, se han implementado algoritmos para la generación y selección de prototipos, empleando las relaciones de similaridad en la granulación del universo. A continuación, dos de estos métodos:

- NP-BASIR Gen: el algoritmo está propuesto en el artículo «An approach for Prototype Generation based on Similarity Relations for problems of classification», publicado en el año 2015 (Fernández, Bello, Filiberto y Frías, 2015).
- NP-BASIR Sel: este algoritmo está propuesto en la Tesis de Maestría «Métodos de aprendizaje basados en prototipos usando la teoría de los conjuntos aproximados extendida» (Frías, Filiberto y Bello, 2015).

Luego de aplicar el algoritmo de selección de atributos IRBASIRRED, resultaron como variables más importantes: índice académico, centro de procedencia, escalafón y resultados de los exámenes de ingreso de Matemática y Español. Se puede decir que los factores académicos son los de mayor peso para tener en cuenta en el diagnóstico pedagógico, a partir de la base de conocimientos realizada.

Este resultado coincide en cierta manera con el estudio realizado en Constante-Amores, Florenciano, Navarro y Fernández (2021). Otros estudios que utilizan técnicas de IA para la predicción de resultados académicos (Cachón, Martínez, Navalon y Roman, 2019), coinciden en que los factores docentes son los de mayor influencia en esta rama educativa, aunque en otras investigaciones como la de Fernández, Solís, Hernández y Moreira (2019) se declara el valor que ocupa la naturaleza socioeconómica de los estudiantes, teniendo en cuenta el acceso a las becas y el trabajo laboral realizado por este.

De los algoritmos de clasificación utilizados se destacan con mejores resultados para este caso el algoritmo IRBASIR Fuzzy v.2 y NP-BASIR Gen, con resultados alentadores y satisfactorios.

CONCLUSIONES

Con la utilización de la herramienta SAICCAD (Sistema para el Aprendizaje con algoritmos que utilizan Inteligencia Colectiva, Conjuntos Aproximados y Difusos), específicamente en la realización del diagnóstico pedagógico, los docentes universitarios cuentan con un apoyo para tomar decisiones y fortalecer el proceso de

enseñanza-aprendizaje e ir logrando una transformación digital en el contexto universitario, contribuyendo al objetivo 4 de la Agenda 2030, referido a la educación de calidad. A partir del uso de esta herramienta se identificó que las variables de mayor importancia de la base de conocimiento confeccionada son: índice académico, centro de procedencia, escalafón y resultados de los exámenes de ingreso de Matemática y Español. En cuanto a los algoritmos de clasificación que presenta la herramienta, IRBASIR Fuzzy v.2 y NP-BASIR Gen, obtienen resultados satisfactorios con la base de conocimiento utilizada en este estudio.

REFERENCIAS

- Alban, M. y Mauricio D. (2019). Neural networks to predict dropout at the universities. *International Journal of Machine Learning and Computing*, 9(2):149-153, 2019. <http://www.ijmlc.org/vol9/779-ML0074.pdf>.
- Amaya, R. (1993). *Diagnóstico pedagógico, fundamentos teóricos*. Oviedo: Editorial Servicio de publicaciones de la Universidad de Oviedo. ISBN: 84-7468-794-2.
- Area, M., Hernández, V. y Sosa, J. (2016). Modelos de integración didáctica de las TIC en el aula. *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, (47): 79-87, ISSN: 1134-3478 e-ISSN: 1988-3293. <http://dx.doi.org/10.3916/C47-2016-08>
- Cachón G. C., Martínez, R. G., Navalón, J. G. y Roman, C. P. (2019). Inteligencia Artificial para predecir la lealtad a la universidad. *Journal of Management and Business Education*, 2(1): 17- 27. <http://doi.org/10.35564/jmbe.2019.0003>
- Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A. y Bilyatdinova, A. (2018). Artificial Intelligence trends in education: a narrative overview, *Procedia Computer Science*, 136, 16-24. <http://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.233>
- Chen X., DiZou X. y Hwang G. (2020). Application and theory gaps during the rise of Artificial Intelligence in Education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1, <http://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100002>
- Constante Amores, A., Florenciano, E., Navarro, E. y Fernánd -Mellizo, M. (2021). Factores asociados al abandono universitario. *Educación XX1*, 24(1): 17-44. <http://revistas.uned.es/index.php/educacionXX1/article/view/26889/24836>
- Cruz, E., González, M. y Rangel, J. (2022). Técnicas de machine learning aplicadas a la evaluación del rendimiento y a la predicción de la deserción de estudiantes universitarios, una revisión. *Prisma Tecnológico*, 13(1): 77-87. <https://doi.org/10.33412/pri.v13.1.3039>.
- Bello, R., Filiberto, Y., Frías, M., & Mota, Y. C. (2013). Effects of using reducts in the performance of the irbasir algorithm. *DYNA: revista de la Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín*, 80(182): 185-190. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7681115>
- Fernández, Y., Filiberto, Y., Frías, M., Bello, R. y Caballero, Y. (2015). An improvement to the classification based on the measurement of the similarity quality using fuzzy. *Dyna (Medellin, Colombia)*, 82, 70-76. <http://doi.org/10.15446/dyna.v82n193.45989>
- Fernández, Y., Coello, L., Filiberto, Y., Bello, R. y Falcón, R. (2014). Learning Similarity Measures from Data with Fuzzy Sets and Particle Swarms. Ponencia presentada Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE), 11th International Conference, Campeche, México.

Fernández, Y., Filiberto, Y., Frías, M., Bello, R., y Caballero, Y. (2015). Una mejora a la clasificación basada en la medida calidad de la similaridad utilizando relaciones borrosas. *DYNA*, 82(193): 706.
<http://doi.org/10.15446/dyna.v82n193.45989>

Fernández Y., Bello, R., Filiberto, Y., Frías, M., Coello L. y Caballero, Y. (2015). An Approach for Prototype Generation based on Similarity Relations for Problems of Classification. *Computación y Sistemas*, 19(1): 109-118.
<http://doi.org/10.13053/CyS-19-1-2053>

Fernández Martín, T., Solís Salazar, M., Hernández Jiménez, M. T. & Moreira Mora, T. E. (2019). Un análisis multinomial y predictivo de los factores asociados a la deserción universitaria. *Revista Electrónica Educare*, 23(1): 73-97. <http://dx.doi.org/10.15359/ree.23-1.5>

Frías, M. (2015). Métodos de aprendizaje basados en prototipos usando la teoría de los conjuntos aproximados extendida. Tesis de maestría no publicada, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Villa Clara, Cuba.

Filiberto, Y. y Bello, R. (2010). Using PSO and RST to Predict the Resistant Capacity of Connections in Composite Structures. Ponencia presentada en International Workshop on Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization (NICSO 2010) Springer, Alemania.

Filiberto, Y., Bello, R., Caballero, Y. y Frías, M. (2011). Algoritmo para el aprendizaje de reglas de clasificación basado en la teoría de los conjuntos aproximados extendida. *Revista DYNA*.

Frías, A., Sandoval, A., Salvador, G., Muñoz, A. L., Guzmán, M. y Cruz, G. (2015). El diagnóstico como estrategia para la inducción del pensamiento relacional en la carrera de Biología. *Revista de la Educación Superior*, 43(169): 107-124. <http://doi.org/10.1016/j.resu.2015.01.004>

González, D., Picie, J. I., Hernández, C. y Onofre, E. (2019). Nodos: Plataforma para la predicción de deserción escolar utilizando técnicas de inteligencia artificial. Repositorio institucional de la Universidad de Veracruz. <http://reini.utcv.edu.mx:80/handle/123456789/1328>.

Hoyos, J. y Daza, G. (2023). Predictive model to identify college students with high dropout rates. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 25, e13, 1-10. <https://doi.org/10.24320/redie.2023.25.e13.5398>.

Chuquimarca, D. K. F., & Sacan, J. E. G. (2019). Competencias digitales para los nuevos escenarios de aprendizaje en el contexto universitario. *Revista Científica*, 4(14): 44-61. <https://orcid.org/0000-0003-2245-0873>

Levano Francia, L., Sánchez, S., Guillén Aparicio, P., Tello Cabello, S., Herrera Paico, N., y Collantes Inga, Z. (2019). Competencias digitales y educación. *Propósitos y Representaciones*, 7(2): 569-588, ISSN: 2307-7999; e-ISSN: 2310-4635. <http://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.329>

Maldonado, M. (2018). El aula, espacio propicio para el fortalecimiento de competencias ciudadanas y tecnológicas. *SOPHIA*, 14(1): 39-50, ISSN: 1794-8932; e-ISSN: 2346-0806.
<http://doi.org/10.18634/sophiaj.14v.1i.822>

Naciones Unidas (2018), *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe* (LC/G. 2681-P/Rev. 3), Santiago.

Prieto López, Y. & Ayala Pazmiño, M. (2020). Modelo Pedagógico de Supervisión, Evaluación y Acompañamiento a los docentes de la Unidad Educativa Bilingüe Torreomar (UEBT). Digital Publisher CEIT, 4, 69-77. <http://doi.org/10.33386/593dp.2020.4.218>

González, Y. R., Sánchez, N. M., Luque, M. M., & Orfe, B. H. R. (2021). Contribuciones a la didáctica de la Inteligencia Artificial en la formación del Ingeniero en Ciencias Informáticas. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 15. [https://rcci.uci.cu/?journal=rcci&page=article&op=view&path\[\]=2281](https://rcci.uci.cu/?journal=rcci&page=article&op=view&path[]=2281)

Tenesaca, J., Medina, I. y Álvarez, M. (2021). Diagnóstico pedagógico y autoaprendizaje en la formación de profesores de lenguas extranjeras. South Florida Journal of Development. 27111-7121. <http://doi.org/10.46932/sfjdv2n5-058>

UNESCO (2008). Estándares Unesco de Competencia en Tic para Docentes. París: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Recuperado de: <http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/EstandaresDocentesUnesco>

Yang, S., Ogata, H., Tatsunori, T. y Chen, N. (2021). Human-centered artificial intelligence in education: Seeing the invisible through the visible. Computers and Education: Artificial Intelligence, 2. <http://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100008>

YiLin, P., Chai, Ch., Siu-Yung Jong, M., Dai, Y., Guo, Y. y Qin, J. (2021). Modeling the structural relationship among primary students' motivation to learn artificial intelligence. Computers and Education: Artificial Intelligence, 2. <http://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100006>

Copyright © 2023, Fernández Hernández, Y., Pérez González, O., Rodríguez Álvarez, Y., Caballero Mota, Y.



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Atribución-No Comercial 4.0 Internacional