



Minería de datos: Un enfoque perspectivo desde el contexto educativo

Data mining: A perspective approach from the educational context

Mineração de dados: uma abordagem em perspectiva a partir do contexto educacional

Fernando Cesar Camones Gonzales

fernando.camones@unmsm.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0001-8275-8955>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Lima - Perú

Martín Toribio Sihuay Fernandez

mtsihuayf@unac.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-2085-5343>

Universidad Nacional del Callao

Callao - Perú

Violeta Alicia Nolberto Sifuentes

vnolbertos@unmsm.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-1577-4298>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Lima – Perú

Jesús Emilio Agustín Padilla Caballero

jpadillac@ucv.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-9756-8772>

Universidad César Vallejo

Lima - Perú

<http://doi.org/10.59659/revistatribunal.v4i9.70>

Artículo recibido 02 de agosto de 2024 / Arbitrado 26 de agosto de 2024 / Aceptado 06 de octubre 2024 / Publicado 25 de octubre de 2024

Resumen

Este estudio está dirigido a conocer el proceso de integración de la minería de datos en los currículos desde la Perspectiva Educativa en Lima, Perú. Especialmente, aborda las metodologías aplicadas para optimizar intervenciones educativas, evaluando su efectividad, integración con procesos pedagógicos y abordaje de la brecha digital para elevar la eficacia y eficiencia en la enseñanza y el aprendizaje. La metodología aplicada fue cualitativa, no experimental, exploratoria y descriptiva para explicar el problema de estudio. El resultado propuesto, constituye aporte de investigaciones en el contexto del desarrollo de la minería de datos educacionales. Como principal conclusión, se destaca la necesidad de incorporar la minería de datos en el ámbito educacional, con el propósito de esclarecer el camino a los docentes, encargados de administrar los procesos de formación, en favor de la educación virtual o en línea para revalorizar la educación y favorecer el proceso educativo en favor del estudiante.

Palabras clave:

Analítica del aprendizaje; aprendizaje personalizado; descubrimiento de conocimiento en Bases de Datos; minería de datos; minería de datos educacionales.

Abstract

This study aims to understand the process of integrating data mining into curricula from an Educational Perspective in Lima, Peru. Specifically, it addresses the methodologies applied to optimize educational interventions, evaluating their effectiveness, integration with pedagogical processes, and addressing the digital divide to enhance effectiveness and efficiency in teaching and learning. The applied methodology was qualitative, non-experimental, exploratory, and descriptive to explain the study problem. The proposed result contributes to research in the context of the development of educational data mining. The main conclusion highlights the need to incorporate data mining into the educational field, with the purpose of clarifying the path for teachers responsible for managing training processes, in favor of virtual or online education to revalue education and support the educational process for the benefit of the student.

Keywords:

Learning analytics; personalized learning; knowledge discovery in databases; data mining; educational data mining

Resumo

Este estudo tem como objetivo conhecer o processo de integração da mineração de dados nos currículos a partir da Perspectiva Educacional em Lima, Peru. Especialmente, aborda as metodologias aplicadas para otimizar intervenções educacionais, avaliando sua eficácia, integração com processos pedagógicos e enfrentamento da lacuna digital para elevar a eficácia e eficiência no ensino e na aprendizagem. A metodologia aplicada foi qualitativa, não experimental, exploratória e descritiva para explicar o problema de estudo. O resultado proposto constitui uma contribuição de pesquisas no contexto do desenvolvimento da mineração de dados educacionais. Como principal conclusão, destaca-se a necessidade de incorporar a mineração de dados no âmbito educacional, com o propósito de esclarecer o caminho para os docentes, responsáveis por administrar os processos de formação, em favor da educação virtual ou online para revalorizar a educação e favorecer o processo educativo em benefício do estudante.

Palavras-chave:

Análítica da Aprendizagem; Aprendizagem Personalizada; Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados; Mineração de Dados; Mineração de Dados Educacionais

INTRODUCCIÓN

La minería de datos (MD), constituye una forma de integrar diversas fuentes de información digital, ofrece una visión integral del entorno educativo, crucial para diseñar estrategias que promuevan la equidad y mejoren los resultados de manera sostenible. Precisamente, la digitalización de la mayoría de los ámbitos del quehacer humano ha supuesto la generación de una inmensa cantidad de datos que son colectados por sistemas y que posteriormente son analizados y pueden recrear el comportamiento exacto que ha desarrollado un proceso.

Es tan grande el volumen de datos, que el entendimiento humano es sobrepasado, y se requiere aplicar técnicas y procesos que permitan depurar los datos, y generar información útil (Romero y Ventura, 2010). Esta información es cada día más valiosa, quien posea la información, poseerá el poder; una empresa que conozca el comportamiento de sus clientes, con la información suficiente será capaz de ofrecerle lo que necesita, posiblemente incluso con anterioridad a que el propio cliente sea consciente de ello.

La información no permite predecir el futuro, ni tan siquiera poder predecir una catástrofe natural, o qué número saldrá premiado en la lotería, pero sí puede decir mucho sobre el comportamiento de las cosas, y en base al aprendizaje de similitudes de casos, poder identificar y predecir con un alto porcentaje situaciones que puedan ser utilizadas en beneficio.

En el Perú, constituye una necesidad que las instituciones de educación superior mejoren los procesos de enseñanza y aprendizaje mediante la integración de plataformas tecnológicas como Moodle. Según Menacho Chiok, (2020), Moodle no solo facilita la creación y gestión de cursos en

línea, sino que también genera una gran cantidad de datos analizables mediante técnicas de minería de datos. Este análisis proporciona a los docentes información relevante sobre el comportamiento y rendimiento de los estudiantes y mejora la toma de decisiones.

La aplicación de técnicas de minería de datos en educación, conocida como Minería de Datos Educativa, se consolidó como una disciplina emergente para entender mejor el aprendizaje de los estudiantes. El citado autor, destacó que herramientas como Weka y algoritmos de clasificación, agrupamiento y asociación permitieron identificar patrones y perfiles que mejoraron el rendimiento académico y la calidad educativa. Su estudio indicó que factores como bajas notas y poco tiempo de acceso a Moodle se correlacionaron con la probabilidad de desaprobación de un curso.

En este contexto, la investigación actual pretende profundizar en el uso de las técnicas de minería de datos en Moodle para personalizar y mejorar las estrategias pedagógicas, optimizando el proceso de enseñanza-aprendizaje en un entorno virtual. Además, la implementación de estas técnicas en la educación beneficia tanto a docentes como a estudiantes, y transforma la gestión y optimización de recursos en las instituciones de educación superior.

Trabajar con las técnicas de minería de datos en Moodle significa que es necesario coleccionarlas y transformarlas para poder convertirlas en información. Para conseguir esto, se deben afianzar procesos estadísticos, análisis y técnicas computacionales de cierta complejidad. Por ejemplo, en el ámbito de los negocios, debido al interés de incrementar la rentabilidad e ingresos económicos, se han desarrollado con creces diversas técnicas para explotar los datos, desde índices bursátiles, inversiones, proyecciones, etc.; algunas de las aplicaciones más importantes y destacadas son:

- a) Diseño de estrategias de negocio basadas en información concreta.
- b) Conocer las preferencias de los usuarios.
- c) Facilitar la búsqueda de información relevante.
- d) Realizar predicciones sobre el comportamiento de los clientes.
- e) Detectar el riesgo de abandono de los clientes.

La minería de datos en el contexto educativo, es uno de los procesos más importantes en la formación del ser humano, tanto a nivel individual, como colectivo. Individual, pues permitirá a cada persona formarse, adquirir conocimientos, capacidades y habilidades que le permitan

desarrollarse como persona y profesionalmente. Y colectivo, porque es la educación que reciba la población la que depare su futuro, los niños de hoy serán los gobernantes de la próxima generación.

Por tanto, parece algo por lo cual merece la pena apostar, y en este sentido, aprovechar la minería de datos puede ayudar a conocer mejor el proceso educativo, identificar debilidades, incrementar las fortalezas, saber más de lo que ocurre en los procesos educativos con tecnología, entre otras aplicaciones (Long & Siemens, 2011).

Entre los retos para ofrecer una mayor calidad educativa que enfrentan actualmente las instituciones de educación superior está el de mejorar el rendimiento académico de sus estudiantes (Menacho Chiok, 2020), y frenar el abandono de los estudios superiores, un fenómeno que repercute directamente en el desaprovechamiento de recursos (García Sanchez, et al., 2023). Entendiendo que el rendimiento es reflejo directo de los aprendizajes de los estudiantes, por ello es hacia el aprendizaje hacia donde se deben dirigir los esfuerzos con la minería de datos educacionales.

La base de la minería de datos educacionales (EDM, de sus siglas en inglés, Educational Data Mining) reside en la intersección de tres grandes áreas del conocimiento: educación, estadística y ciencias computacionales. Las interacciones entre estas ciencias generan subcampos especializados, como son la educación basada en computadoras, la minería de datos y aprendizaje automatizado, analítica de aprendizaje (LA, de sus siglas en inglés Learning Analytics) y su triple intersección, la minería de datos educacionales (Romero y Ventura, 2013; Long & Siemens, 2011).

Según los criterios de Romero y Ventura (2013) las principales áreas relacionadas con la minería de datos educacionales son:

- 1) Ciencias computacionales.
- 2) Minería de datos y aprendizaje automatizado.
- 3) Estadística.
- 4) Educación.
- 5) Educación basada en comoputadoras.

Learning analytics

La evolución de la Minería de Datos Educacionales puede ser vista desde dos perspectivas: una comunidad de investigación o un área de investigación científica. Desde la visión de comunidad de investigación se considera cercana al Learning analytics, de hecho, muchos de los

miembros pertenecen a ambas comunidades, con colaboraciones o incluso constituyéndose como una competencia amistosa. Esta evolución surge por primera ocasión en 2005 en un taller, y se convirtieron en una conferencia anual a partir de 2008, siendo en 2009 cuando se conforma como una revista científica y se crea la International Educational Data Mining Society en el año 2011.

En este sentido, la personalización del aprendizaje basada en datos precisos permite adaptar contenidos y métodos pedagógicos a las necesidades individuales, promoviendo una educación más inclusiva y efectiva. Además, el análisis continuo de datos educativos proporciona a las instituciones una visión clara de la efectividad de sus programas y currículos, facilitando mejoras constantes y basadas en evidencia en la calidad educativa.

Con relación a la justificación educativa, en este estudio justifica la integración de la Minería de Datos Educativos como medio para personalizar el aprendizaje y optimizar los recursos educativos. Al analizar datos sobre comportamientos y rendimientos, los educadores pueden diseñar intervenciones más efectivas que se alineen estrechamente con las necesidades de sus estudiantes. Esto no solo mejora los resultados de aprendizaje, sino que también hace que el proceso educativo sea más eficiente, al permitir que los recursos se utilicen donde más se necesitan.

Por lo expuesto, y basado en el propósito de la investigación, la "Minería de Datos desde la Perspectiva Educativa" busca contribuir al Objetivo de Desarrollo Sostenible "Educación de Calidad para Todos"; cuyo problema se presenta de la siguiente forma ¿Cómo la integración de la Minería de Datos en los procesos educativos puede contribuir a la mejora de la eficacia y eficiencia en la enseñanza y el aprendizaje en instituciones educativas? Así también, se buscó analizar cómo la aplicación de técnicas de Minería de Datos en el ámbito educativo puede mejorar significativamente la calidad y equidad de la educación.

Al integrar el análisis avanzado de datos, se busca identificar patrones y necesidades específicas de los estudiantes, permitiendo personalizar y optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje, adaptándolos a las fortalezas y debilidades individuales. Esto contribuyó a mejorar los resultados académicos, aumentar la motivación y el compromiso estudiantil, asegurando que todos los estudiantes, independientemente de su contexto, reciban una educación de calidad acorde a sus necesidades.

Así también, se tuvo como objetivo general el interpretar cómo la Minería de Datos aporta a la educación para hacerla más efectiva y eficiente. De la misma manera, los específicos fueron;

examinar las percepciones y experiencias de educadores y administrativos sobre la integración de la Minería de Datos en los currículos educativos; analizar las metodologías de Minería de Datos aplicadas en la educación para identificar patrones de aprendizaje y necesidades educativas de los estudiantes; y comprender el impacto de la Minería de Datos en la gestión educativa y la toma de decisiones en instituciones educativas.

MÉTODO

La investigación fue de tipo descriptivo, adoptó un enfoque cualitativo, siguiendo la tradición fenomenológica-hermenéutica. Se trató de una investigación de tipo básica, de acuerdo con el Manual Oslo de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 2018), cuyo objetivo principal fue interpretar cómo la integración de la Minería de Datos en los procesos educativos podría contribuir a la mejora de la eficacia y eficiencia en la enseñanza y el aprendizaje en instituciones educativas. Así mismo, el diseño de investigación elegido fue no experimental, pues no se manipularon variables, sino que se observaron y analizaron los fenómenos en su contexto natural.

Específicamente, se empleó un diseño fenomenológico, que buscó comprender las percepciones y experiencias de los educadores y administradores respecto a la integración de la Minería de Datos en los currículos educativos. Además, la investigación tuvo un alcance exploratorio, ya que se propuso examinar un tema relativamente novedoso y poco estudiado, como es la aplicación de la Minería de Datos en el ámbito educativo.

En este sentido, el estudio pretendió obtener una comprensión inicial de este fenómeno, identificando patrones, necesidades y oportunidades para su implementación efectiva. Con respecto a la recolección de datos, se planificó utilizar técnicas como entrevistas semiestructuradas y análisis de documentos institucionales. Cabe destacar que, debido a la naturaleza cualitativa del estudio, los resultados no pretendieron ser generalizables a toda la población, sino profundizar en la comprensión del fenómeno en contextos específicos.

La investigación consta de las siguientes categorías: en primer lugar, las Percepciones, donde los educadores y administradores tienen diversas percepciones sobre la integración de la Minería de Datos en los currículos educativos. Algunos perciben su incorporación como una herramienta clave para personalizar y adaptar la experiencia de aprendizaje según las necesidades individuales de los estudiantes, permitiendo así una mejor comprensión de sus patrones de

comportamiento y estilos de aprendizaje. Otros ven en la Minería de Datos una oportunidad para mejorar las estrategias de retroalimentación y seguimiento del progreso académico, brindando información valiosa para realizar ajustes curriculares y metodológicos que optimicen los resultados educativos.

En segundo lugar, las Metodologías, de Minería de Datos aplicadas en el ámbito educativo involucran una serie de técnicas y procedimientos como los métodos para recopilar información sobre el desempeño, comportamiento y necesidades de los estudiantes, garantizando que estos procesos sean efectivos y éticos. Luego, se emplean técnicas específicas de análisis de datos, como modelos de aprendizaje automático o técnicas de agrupamiento, para procesar e interpretar la información recopilada.

Por último, las Aplicaciones, en la Minería de Datos se han encontrado diversas aplicaciones en el ámbito educativo, impactando en diferentes procesos y áreas. Por un lado, se han observado mejoras en los procesos de aprendizaje, donde la información obtenida a través de la Minería de Datos ha permitido personalizar y adaptar las experiencias de aprendizaje a las necesidades individuales de los estudiantes.

Tabla 1.

Matriz de Categorización Apriorística

categoria	Subcategorías primarias	Subcategorías secundarias	Reactivos/preguntas	Ítems
Minería de Datos	Percepciones	Integración Curricular	¿Podría describir cómo cree que la integración de la minería de datos en los currículos actuales podría cambiar la dinámica del aprendizaje en su institución?	1
		Personalización	Mencione algunos ejemplos específicos dónde ha visto que la minería de datos haya contribuido a la personalización del proceso educativo	2
	Metodologías	Retroalimentación	Desde su experiencia, ¿de qué manera la minería de datos ha mejorado las estrategias de retroalimentación en contextos educativos?	3
		Recopilación de data	¿Podría describir los métodos que utiliza para la recopilación de datos en contextos educativos y	4

		cómo asegura que estos métodos son efectivos y éticos?	
	Análisis de data	¿Qué técnicas específicas de análisis de datos considera más efectivas para interpretar información en el ámbito educativo y por qué?	5
	Interpretación de la data	¿Cómo aborda la interpretación de los datos recogidos y qué desafíos encuentra en la representación adecuada de estos datos para reflejar la realidad educativa?	6
	Aprendizaje	¿Puede proporcionar ejemplos concretos de cómo la minería de datos ha mejorado los procesos de aprendizaje dentro de su institución?	7
Aplicaciones	Enseñanza	En su experiencia, ¿cómo ha utilizado la minería de datos para adaptar o modificar estrategias de enseñanza para con sus estudiantes?	8
	Gestión educativa	¿De qué manera la minería de datos ha mejorado la gestión educativa y qué mejoras específicas ha observado como resultado de su implementación?	9

La población objetivo del estudio estuvo conformada por educadores y administradores de instituciones educativas que hayan tenido experiencia con la integración de la Minería de Datos en los procesos educativos. Se establecieron criterios de inclusión para seleccionar participantes que pudieran aportar información relevante, la muestra no se determinó mediante fórmulas estadísticas, sino que se empleó un muestreo intencional, siguiendo los principios de la metodología fenomenológica-hermenéutica (Hernández et al., 2014).

Esta técnica de muestreo intencional implica la selección de participantes que puedan aportar información significativa para la comprensión de la experiencia vivida, hasta alcanzar la saturación fenomenológica. Así mismo, según Creswell (2013) en la investigación cualitativa fenomenológica, "el objetivo es seleccionar participantes que hayan experimentado el fenómeno que se está investigando" (p. 155). Por lo tanto, se seleccionaron 4 educadores y administradores que tuvieran experiencia directa con la integración de la Minería de Datos en los currículos educativos y que pudieran compartir sus percepciones y vivencias al respecto.

Adicionalmente, se recurrió a la técnica de análisis de documentos, la cual, según Bowen (2009), "es una forma de investigación cualitativa en la que se analizan documentos que fueron producidos sin la intervención del investigador" (p. 27). En este caso, se analizaron documentos institucionales, como planes de estudio, informes y políticas educativas, que pudieran aportar información valiosa sobre la integración de la Minería de Datos en los procesos educativos. Estos criterios aseguran la rigurosidad y confiabilidad de los instrumentos en el contexto de la investigación cualitativa. Por consiguiente, es importante destacar que, en la investigación fenomenológica, los instrumentos de recolección de datos no se diseñan con el objetivo de cuantificar o medir variables, sino de capturar la esencia de las experiencias vividas por los participantes.

Para una mejor comprensión del análisis de los datos recolectados mediante entrevistas semiestructuradas y análisis de documentos involucró los siguientes pasos: inmersión en los datos: lectura y re-lectura de las transcripciones y documentos para familiarizarse con el material y obtener una visión general; Codificación: identificación de unidades de significado relevantes y asignación de códigos descriptivos a estas unidades; Agrupación temática: organización de los códigos en temas y patrones recurrentes que reflejen las experiencias y percepciones de los participantes; Interpretación fenomenológica: análisis en profundidad de los temas identificados, buscando captar la esencia de las experiencias vividas y su relación con el fenómeno estudiado, y finalmente la Redacción y reflexión: elaboración de una descripción rica y detallada de los hallazgos, acompañada de una reflexión interpretativa que capture la comprensión del fenómeno.

Este proceso de análisis se llevó a cabo de manera cíclica y reflexiva, permitiendo al investigador profundizar en la comprensión del fenómeno a través de un diálogo constante con los datos. Además, se utilizó software de análisis cualitativo, como ATLAS.ti 9, para facilitar la organización y gestión de los datos. Es importante destacar que el análisis fenomenológico-hermenéutico no busca generalizar los resultados, sino comprender en profundidad las experiencias individuales de los participantes y su relación con el fenómeno estudiado.

RESULTADOS

De acuerdo a las respuestas de los expertos, de la teoría y del investigador, se tiene el resultado de la subcategoría integración curricular que menciona que la integración de la Minería de Datos en los currículos educativos actuales promete transformar significativamente la dinámica

del aprendizaje en instituciones educativas. Expertos y el investigador concuerdan en que esta integración permitiría una personalización sin precedentes del aprendizaje, adaptando el contenido a las necesidades individuales de los estudiantes (EXP01, EXP02, Investigador). Esta visión se alinea con la teoría sustantiva que destaca la importancia de incorporar herramientas y técnicas de la Minería de Datos en los programas de formación (Allana et al., 2024). Además, los expertos señalan que la Minería de Datos facilitaría la identificación temprana de problemas en el proceso de aprendizaje (EXP01, EXP02), lo cual es respaldado por el investigador quien enfatiza la detección temprana de estudiantes en riesgo.

El EXP03 resalta la importancia de un enfoque multidisciplinario en la implementación de estas técnicas, incluyendo la participación de psicopedagogos, lo cual se relaciona con la propuesta teórica de fomentar la colaboración entre expertos en MD y educadores (Allana et al., 2024). EXP04 destaca la flexibilidad que ofrece la libertad de cátedra para integrar nuevas tecnologías y métodos de aprendizaje, lo cual se alinea con la idea de la teoría sustantiva de integrar conceptos y aplicaciones de Minería de Datos en cursos relevantes. Tanto los expertos como el investigador y la teoría coinciden en que la Minería de Datos permitiría una evaluación continua y una retroalimentación más efectiva (EXP01, EXP02, Investigador, Allana et al., 2024), lo que en última instancia conduciría a una mejora significativa en la calidad de la enseñanza y el aprendizaje en el ámbito educativo.

Por su parte, EXP04 relata cómo el análisis de datos permitió adaptar los métodos de evaluación para estudiantes con limitaciones de tiempo debido al trabajo. Estas experiencias se alinean con la teoría sustantiva que define la personalización como un enfoque que utiliza tecnologías de información y sistemas adaptativos para ajustar la experiencia educativa a las necesidades individuales de los estudiantes (Arantes, 2023; Ikram et al., 2024; Kerssens & van-Dijck, 2023). Sin embargo, como señala la teoría, es crucial considerar las implicaciones éticas y sociales del uso de datos en educación, incluyendo cuestiones de privacidad y equidad. Los expertos y la teoría coinciden en que la Minería de Datos tiene el potencial de mejorar significativamente la motivación y el rendimiento de los estudiantes, pero también subrayan la necesidad de una implementación cuidadosa que equilibre la innovación tecnológica con los principios fundamentales de la educación centrada en el estudiante.

Por otro lado, se tiene el resultado de la subcategoría retroalimentación que menciona que la integración de la Minería de Datos en las estrategias de retroalimentación educativa ha demostrado ser transformadora, como lo evidencian las experiencias de los expertos y la teoría sustantiva. EXP01 destaca la capacidad de realizar evaluaciones más rápidas y frecuentes, permitiendo una adaptación ágil del programa educativo, mientras que EXP02 enfatiza la retroalimentación en tiempo real y personalizada a través de plataformas en línea. EXP03 resalta cómo la contextualización de la estadística ha mejorado la actitud de los estudiantes hacia las matemáticas, y EXP04 señala el uso efectivo de videos y recursos digitales para mejorar la enseñanza y evaluación en biología. Estas experiencias se alinean con la teoría sustantiva que define la retroalimentación como un proceso dinámico basado en datos que utiliza TMD para proporcionar información oportuna y personalizada (Clarke et al., 2024; Kubegenova et al., 2024; Li, 2024; Sergent et al., 2024).

El investigador corrobora estas observaciones, destacando el uso de Google Forms y técnicas avanzadas de procesamiento para ofrecer retroalimentación inmediata y específica, así como el análisis de patrones de error para abordar conceptos mal entendidos. Este enfoque integral, que combina análisis de patrones de rendimiento, autoevaluación y características específicas del aprendizaje, no solo informa a los estudiantes sobre su progreso, sino que también guía a los educadores en la optimización de estrategias de enseñanza, como señalan tanto los expertos como la teoría sustantiva.

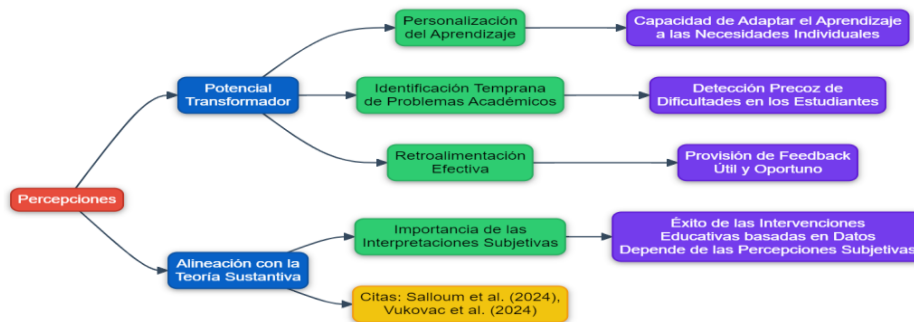
Ahora bien, en base a la teoría y los resultados anteriores, se da respuesta al objetivo específico 1; las percepciones y experiencias de los educadores y administrativos revelan un consenso sobre el potencial transformador de la Minería de Datos en la educación. Los participantes (EXP01, EXP02, EXP03, EXP04) destacan su capacidad para personalizar el aprendizaje, identificar tempranamente problemas académicos y proporcionar retroalimentación efectiva, subrayando así el impacto significativo que esta tecnología puede tener en la optimización de los procesos educativos. Estas percepciones se alinean con la teoría sustantiva que enfatiza la importancia de las interpretaciones subjetivas en la adopción y éxito de las intervenciones educativas basadas en datos (Salloum et al., 2024).

Las experiencias prácticas relatadas por los expertos, como el uso de plataformas adaptativas (EXP01), el análisis de datos ecológicos (EXP02), la comprensión de estilos de

aprendizaje (EXP03) y la adaptación de métodos de evaluación (EXP04), demuestran la aplicación exitosa de la Minería de Datos en diversos contextos educativos. Estas experiencias refuerzan la teoría sobre la personalización del aprendizaje mediante tecnologías de información y sistemas adaptativos (Arantes, 2023; Ikram et al., 2024; Kerssens & van-Dijck, 2023). Sin embargo, tanto los expertos como la teoría reconocen la necesidad de considerar las percepciones sobre la integración de la minería de datos (figura 1, 2, 3) y sus implicaciones éticas para implementar cuidadosamente estas tecnologías para equilibrar la innovación con los principios de la educación centrada en el estudiante.

Figura 1.

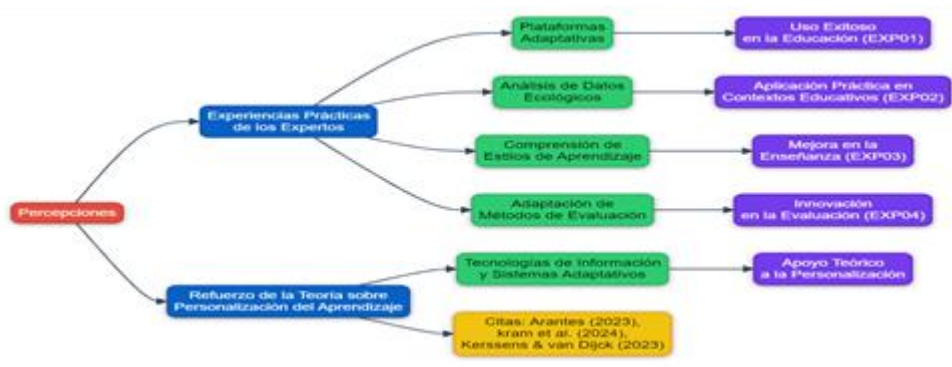
Percepciones sobre la integración de la minería de datos



Fuente: Mermaid

Figura 2.

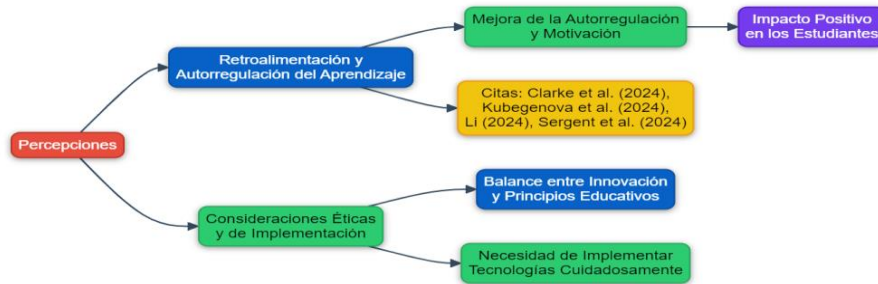
Percepciones sobre la integración de la minería de datos



Fuente: Mermaid

Figura 3.

Percepciones sobre la integración de la minería de datos



De acuerdo con la teoría y los objetivos específicos 1, 2 y 3, se da respuesta al objetivo general de la investigación. Desde la perspectiva de la Minería de Datos, esta contribuye significativamente a la educación, haciéndola más efectiva y eficiente al proporcionar herramientas y metodologías para extraer conocimiento útil de grandes conjuntos de datos educativos (García-Herrero et al., 2018). Esta disciplina emergente permite analizar y comprender los procesos de aprendizaje, identificar patrones de comportamiento estudiantil, evaluar la efectividad de recursos educativos y enfoques pedagógicos, y personalizar el aprendizaje (Al-Saggaf et al., 2024; Rohani et al., 2024).

Las percepciones y experiencias de educadores y administrativos confirman el potencial transformador de la Minería de Datos, aunque también reconocen la necesidad de considerar las implicaciones éticas en su implementación (Arantes, 2023; Clarke et al., 2024; Ikram et al., 2024; Kerssens & van-Dijck, 2023; Kubegenova et al., 2024; Li, 2024; Salloum et al., 2024; Sergent et al., 2024).

DISCUSIÓN

La discusión respecto a la subcategoría integración curricular se refiere a que la integración de la Minería de Datos en los currículos educativos actuales promete transformar significativamente la dinámica del aprendizaje en las instituciones educativas. Expertos y el investigador concuerdan en que esta integración permitiría una personalización sin precedentes del aprendizaje, adaptando el contenido a las necesidades individuales de los estudiantes (EXP01, EXP02, Investigador). Esta visión se alinea con la teoría sustantiva que destaca la importancia de incorporar herramientas y TMD en los programas de formación (Allana et al., 2024).

Además, los expertos señalan que la Minería de Datos facilitaría la identificación temprana de problemas en el proceso de aprendizaje (EXP01, EXP02), lo cual es respaldado por el investigador quien enfatiza la detección temprana de estudiantes en riesgo. EXP03 resalta la importancia de un enfoque multidisciplinario en la implementación de estas técnicas (Allana et al., 2024). EXP04 destaca la flexibilidad que ofrece la libertad de cátedra para integrar nuevas tecnologías y métodos de aprendizaje. Tanto los expertos como el investigador y la teoría coinciden en que la MD permitiría una evaluación continua y una retroalimentación más efectiva (EXP01, EXP02, Investigador), lo que en última instancia conduciría a una mejora significativa en la calidad de la enseñanza y el aprendizaje en el ámbito educativo.

Adicionalmente, en cuanto a la subcategoría personalización, la integración de la Minería de Datos en el ámbito educativo está demostrando su potencial para personalizar significativamente el proceso de aprendizaje. Las plataformas adaptativas mencionadas por EXP01, como Coursera, ejemplifican cómo la Minería de Datos puede ajustar el contenido educativo a las necesidades individuales de los estudiantes, alineándose con el concepto de sistemas de aprendizaje adaptativos descritos por Arantes (2023); Ikram et al. (2024). Sin embargo, es crucial considerar las advertencias de Kerssens & van-Dijck (2023) sobre las implicaciones éticas y sociales del uso extensivo de datos en educación.

Asimismo, en la subcategoría retroalimentación, la integración de la Minería de Datos en las estrategias de retroalimentación educativa. Estos enfoques se alinean con el concepto de retroalimentación como un proceso dinámico basado en datos, descrito por Clark et al., (2024) y Kubegenova et. at., (2024). La contextualización de la estadística para mejorar la actitud de los estudiantes hacia las matemáticas, señalada por EXP03, y el uso efectivo de recursos digitales en biología, mencionado por EXP04, demuestran cómo la Minería de Datos puede adaptarse a diversas disciplinas, respaldando la idea de Li, (2024). Sin embargo, es crucial considerar las implicaciones éticas y prácticas de esta implementación, como sugieren Sergent et. al., (2024), especialmente en términos de privacidad y equidad en el acceso a estas tecnologías.

Las percepciones y experiencias de los educadores y administrativos, como se evidencia en las entrevistas (EXP01, EXP02, EXP03, EXP04), resaltan el potencial de la Minería de Datos para personalizar el aprendizaje y mejorar la retroalimentación, alineándose con las teorías sustantivas que enfatizan la importancia de las interpretaciones subjetivas en la adopción de tecnologías

educativas (Salloum et al., 2024). Sin embargo, esta perspectiva optimista se contrasta con las preocupaciones éticas y de privacidad señaladas en la literatura (Arantes, 2023; Kerssens & van-Dijck, 2023), subrayando la necesidad de un enfoque equilibrado en la implementación de estas tecnologías.

Estas experiencias respaldan las teorías sobre la personalización del aprendizaje mediante sistemas adaptativos (Ikram et al., 2024), pero también plantean interrogantes sobre la escalabilidad y la equidad en el acceso a estas tecnologías. No obstante, la integración efectiva de estas herramientas requiere una cuidadosa consideración de los desafíos pedagógicos y técnicos, como lo subrayan tanto los expertos entrevistados como la literatura teórica (Allana et al., 2024).

Respecto a la discusión de la subcategoría recopilación de datos, la diversidad de métodos empleados, desde sistemas de matrícula y bases de datos especializados hasta observaciones directas y experimentos de laboratorio, refleja la complejidad inherente a este proceso, alineándose con la visión integral propuesta por Beresegwicz et al., (2024). La implementación de herramientas tecnológicas avanzadas, como las plataformas de aprendizaje en línea mencionadas por el investigador, ejemplifica la evolución hacia una recopilación de datos más sofisticada y exhaustiva, como lo sugieren Rosi et al., (2024).

Sin embargo, esta sofisticación tecnológica plantea desafíos éticos significativos, como lo señalan todos los expertos y el investigador, haciendo eco de las preocupaciones expresadas por kumar et. al., (2024) sobre la privacidad y el consentimiento informado.

En la discusión de la subcategoría análisis de datos, se destaca en el ámbito educativo EXP01, el uso de técnicas estadísticas básicas para investigaciones a nivel de salón de clase y métodos más avanzados, subrayando la importancia de que el investigador esté bien familiarizado con estos métodos. Por otro lado, EXP02 menciona técnicas como la asociación, los árboles de decisión y los modelos de series temporales, así como la importancia de las visualizaciones avanzadas para comunicar efectivamente los resultados (Shobeiry, 2024). Asimismo, EXP03 resalta la complejidad del ecosistema educativo y sugiere el uso de técnicas de asociación y clasificación, tanto supervisada como no supervisada, para identificar factores asociados al aprendizaje y formar grupos de estudiantes que se beneficien de la retroalimentación mutua (Zhang et al., 2024). En línea con estas ideas, EXP04 subraya la utilidad de herramientas repetitivas como

los videos para evaluar criterios y homogenizar el análisis de datos, lo que facilita una práctica investigativa más efectiva.

En conclusión, la triangulación de información entre expertos, teoría y la percepción crítica del investigador resalta la relevancia de diversas técnicas de análisis de datos para mejorar la interpretación y aplicación de la información en el ámbito educativo, adaptándose a diferentes niveles de complejidad y contexto(Zhang et al., 2024). Este proceso incluye la identificación de patrones, predicción de resultados, análisis contextual y evaluación de impacto, con un enfoque en la equidad y la privacidad (Colpo et al., 2024; Fang et al., 2024; Guanin-Fajardo et al., 2024). Finalmente, el investigador destaca que en la institución se forman equipos que incluyen expertos en MD, educadores y psicólogos educativos, lo cual es esencial para contextualizar los datos y garantizar interpretaciones pedagógicamente relevantes.

La discusión sobre la aplicación de metodologías de Minería de Datos en el ámbito educativo permite identificar patrones de aprendizaje y necesidades educativas de los estudiantes, utilizando enfoques avanzados como Random Forest, XGBoost, K-Nearest Neighbor (KNN) y árboles de decisión, los cuales facilitan la interpretación de los factores que influyen en los resultados educativos(Kumar et al., 2024; Okoye et al., 2024). El uso de la metodología CRISP-DM asegura un enfoque sistemático y reproducible en el proceso de Minería de Datos, mientras que la validación cruzada k-fold es empleada para evaluar la robustez y generalización de los modelos predictivos(Okoye et al., 2024; Talamás-Carvajal et al., 2024).Asimismo, la integración de datos sociodemográficos, académicos y comportamentales proporciona una visión holística del rendimiento estudiantil y facilita el desarrollo de competencias de pensamiento complejo(Talamás-Carvajal et al., 2024).

En la recopilación de datos, se destaca la importancia de la recolección ética y sistemática, utilizando diversas fuentes y métodos, como observaciones directas, entrevistas personalizadas y herramientas tecnológicas, para asegurar una interpretación precisa y contextualizada(Beręsewicz et al., 2024; Kooptiwoot et al., 2024; Roski et al., 2024;). El análisis de datos se realiza mediante técnicas estadísticas básicas, métodos avanzados como la regresión y las ecuaciones estructurales, y técnicas de visualización avanzada para comunicar resultados de manera efectiva (Shobeiry, 2024; Zhang et al., 2024).

La discusión sobre la subcategoría aprendizaje, en relación con la Minería de Datos, ha demostrado que esta es una herramienta valiosa para mejorar los procesos educativos en diversas instituciones. Estos ejemplos prácticos se alinean con la teoría sustantiva que define la subcategoría de aprendizaje como un proceso multifacético que emplea algoritmos avanzados como Redes Neuronales Artificiales y Naïve Bayes para predecir el RA, anticipar riesgos de deserción e integrar datos multimodales para personalizar el aprendizaje (Gupta et al., 2024; Monsalve-Pulido et al., 2024).

La evidencia empírica y teórica sugiere que la aplicación de TMD en la educación no solo optimiza los métodos de enseñanza, sino que también mejora significativamente los resultados académicos al permitir una personalización y evaluación continua del aprendizaje. Como investigador, he observado estos beneficios directamente, implementando un sistema de calificación en línea que ha incrementado la responsabilidad estudiantil, reducida la tasa de abandono y mejorado las tasas de aprobación al analizar diversos indicadores para identificar a los estudiantes en riesgo. Este enfoque integral de la MD en la educación refuerza la importancia de utilizar técnicas avanzadas de análisis para informar decisiones educativas y mejorar los resultados académicos, tal como sugieren las experiencias prácticas y la teoría sustantiva (Gupta et al., 2024; Monsalve-Pulido et al., 2024).

En cuanto a la discusión de la subcategoría enseñanza, la implementación de la Minería de Datos ha permitido adaptar y modificar estrategias educativas para satisfacer mejor las necesidades de los estudiantes. Teóricamente, la enseñanza apoyada en la Minería de Datos se concibe como un proceso dinámico y adaptativo que utiliza análisis avanzados, involucrando el aprendizaje activo, el uso de tecnologías avanzadas, la retroalimentación continua y la personalización del aprendizaje (Chamorro-Atalaya et al., 2024; Tsai, 2024). Esta personalización del aprendizaje ha demostrado mejorar la retención del material, optimizando la experiencia educativa (Chamorro-Atalaya et al., 2024).

Asimismo, en la discusión de la subcategoría gestión educativa, se destaca que la implementación de la Minería de Datos ha generado mejoras significativas en diversas áreas. De forma general se destaca la utilización de datos sobre aspectos sociales y económicos de los estudiantes, cruciales para una gestión educativa integral.

Teóricamente, la gestión educativa apoyada en la Minería de Datos implica la utilización de análisis avanzados para mejorar la administración de recursos, personalizar la enseñanza, optimizar procesos y evaluar continuamente las políticas educativas, abordando también los desafíos éticos y culturales(Chen, 2024; Jiang, 2024; Santiago et al., 2023). En nuestra institución, la Minería de Datos ha permitido desarrollar modelos predictivos para identificar a estudiantes en riesgo de abandono, facilitando intervenciones tempranas y personalizadas que han reducido la deserción estudiantil, lo que ha incrementado la tasa de graduación oportuna y mejorado la experiencia educativa en general(Chen y Jiang, 2024).

La discusión respecto al objetivo 3 ha demostrado ser transformadora, permitiendo un uso más eficiente de los recursos y personalizando tanto la enseñanza como el aprendizaje. El análisis bibliométrico, por ejemplo, permite a las instituciones comprender mejor la estructura y evolución del campo educativo, identificando tendencias emergentes como el aprendizaje profundo y la emoción, lo cual es fundamental para configurar la educación futura basada en objetivos sostenibles(Boztaş et al., 2024).

El reconocimiento de entidades y el análisis de sentimientos también son cruciales, permitiendo ajustar estrategias de enseñanza y diseñar tareas que mejoran la precisión y la satisfacción estudiantil (Chamorro-Atalaya et al., 2024). En términos de gestión educativa, la Minería de Datos optimiza la administración de recursos y permite la toma de decisiones informadas, personalizando la enseñanza y adaptando las políticas educativas a las necesidades cambiantes del entorno (Chen, 2024; Jiang, 2024; Santiago et al., 2023).

Finalmente, la discusión respecto al objetivo general, la Minería de Datos desde una perspectiva educativa, emerge como una herramienta transformadora que potencia la efectividad y eficiencia del proceso educativo, integrando técnicas avanzadas de análisis para extraer conocimiento significativo de grandes volúmenes de datos(García-Herrero et al., 2018; Hashima et al., 2018). Su aplicación abarca desde la personalización del aprendizaje hasta la identificación temprana de desafíos académicos, como lo demuestran los estudios de Rohani et. al., (2024) y Al-Saggaf et al., (2024). Sin embargo, la implementación exitosa de estas tecnologías requiere un enfoque interdisciplinario que combine experticia en matemáticas, informática y ciencias de la educación.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se han expuesto las percepciones y experiencias sobre la integración de la Minería de Datos en los currículos educativos el proceso, con el propósito de esclarecer el camino a los docentes, la incorporación de metodologías de Minería de Datos como perspectiva educativa aplicadas en educación, se concluye que se emplean enfoques avanzados de aprendizaje automático como Random Forest, XGBoost y árboles de decisión, junto con metodologías estructuradas como CRISP-DM. Estas técnicas permiten identificar patrones de aprendizaje, predecir RA y personalizar intervenciones educativas.

La investigación demuestra que la Minería de Datos desde la perspectiva educativa es una herramienta poderosa para mejorar la eficacia y eficiencia en la enseñanza y el aprendizaje. Su integración permite una personalización sin precedentes del proceso educativo, facilita la identificación temprana de problemas y patrones de aprendizaje, y proporciona bases sólidas para la toma de decisiones informadas en la gestión educativa. Sin embargo, su implementación efectiva requiere un enfoque equilibrado que considere aspectos éticos, de equidad y la necesidad de una interpretación contextualizada de los datos.

REFERENCIAS

- Al-Saggaf, Y., Rahman, M. A., & Wiil, U. K. (2024). Using data mining to discover new patterns of social media and smartphone use and emotional states. *Social Network Analysis and Mining*, 14(1). <https://doi.org/10.1007/s13278-024-01243-8>
- Allana, A. A., Ali, S. K., & Ghias, K. (2024). Bioethics curriculum for undergraduate medical students: an evaluation study utilizing mixed methods approach. *BMC Medical Education*, 24(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05376-4>
- Arantes, J. (2023). Digital twins and the terminology of “personalization” or “personalized learning” in educational policy: A discussion paper. *Policy Futures in Education*, 22(4), 524–543. <https://doi.org/10.1177/14782103231176357>
- Arias Ortiz, E., Giambruno, C., Morduchowicz, A., & Pineda, B. (2023). El Estado de la educación en América Latina y el Caribe. In Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/es/el-estado-de-la-educacion-en-america-latina-y-el-caribe-2023>
- Beręsewicz, M., Cherniaiev, H., Mantaj, A., & Pater, R. (2024). Text analysis of job offers for mismatch of educational characteristics to labour market demands. *Quality and Quantity*, 58(2), 1799–1825. <https://doi.org/10.1007/s11135-023-01707-7>
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (2007). Qualitative Research for Education: An Introduction to Theories and Methods. In Pearson Education (5th ed.).

<https://www.amazon.com/Qualitative-Research-Education-Introduction-Theories/dp/0205482937>

- Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27–40. <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>
- Boztaş, G. D., Berigel, M., & Altınay, F. (2024). A bibliometric analysis of Educational Data Mining studies in global perspective. *Education and Information Technologies*, 29(7), 8961–8985. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12170-0>
- Brigitte, H., & Quiroz, Q. (2023). Data Mining Technique for Educational Processes in Students with Special Educational Needs Based on a Predictive Model. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5, 205–217.
- Chamorro-Atalaya, O., Sobrino-Chunga, L., Guerrero-Carranza, R., Vargas-Díaz, A., & Poma-García, C. (2024). Student satisfaction in the context of hybrid learning through sentiment analysis. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 13(2), 831–841. <https://doi.org/10.11591/ijere.v13i2.26717>
- Chen, J. (2024). Construction of E-Learning English Wisdom Classroom Based on Educational Big Data Mining. *Computer-Aided Design and Applications*, 21(S22), 251–264. <https://doi.org/10.14733/cadaps.2024.S22.251-264>
- Clarke, L., O’Neill, N., Patel, B., Steeman, S., Segal, G., Merrell, S. B., & Gisondi, M. A. (2024). Trainee advocacy for medical education on the care of people with intellectual and/or developmental disabilities: a sequential mixed methods analysis. *BMC Medical Education*, 24(1), 491. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05449-4>
- Creswell, J. W. (2013). Steps in conducting a scholarly mixed methods study. <https://digitalcommons.unl.edu/dberspeakers/48/>
- Colpo, M. P., Primo, T. T., & de Aguiar, M. S. (2024). Lessons learned from the student dropout patterns on COVID-19 pandemic: An analysis supported by machine learning. *British Journal of Educational Technology*, 55(2), 560–585. <https://doi.org/10.1111/bjet.13380>
- Fang, C., Dziedzic, A., Zhang, L., Oliva, L., Verma, A., Razak, F., Papernot, N., & Wang, B. (2024). Decentralised, collaborative, and privacy-preserving machine learning for multi-hospital data. *EBioMedicine*, 101(February), 105006. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2024.105006>
- García-Herrero, J., Berlanga de Jesús, A., Molina López, J. M., Patricio Guisado, M. Á., Luis Bustamante, Á., & Padilla Arias, W. R. (2018). *Ciencia de datos Técnicas analíticas y aprendizaje estadístico Un enfoque práctico*. Altaria Publicaciones Alfaomega. https://www.academia.edu/43722825/Ciencia_de_datos_Técnicas_analíticas_y_aprendizaje_estadístico

- García Sánchez, R., & Gil Mateos, J. E. (2023). Minería de Datos Educativos: Descubrir tesoros ocultos durante el aprendizaje. *Revista Científica Ecociencia*, 10, 18–41. <https://doi.org/10.21855/ecociencia.100.830>
- Guanin-Fajardo, J. H., Guaña-Moya, J., & Casillas, J. (2024). Predicting Academic Success of College Students Using Machine Learning Techniques. *Machine Learning and Its Applications*, 9(4), 1–27. <https://doi.org/10.3390/data9040060>
- Gupta, V., Li, Y., Peltekian, A., Kilic, M. N. T., Liao, W. K., Choudhary, A., & Agrawal, A. (2024). Simultaneously improving accuracy and computational cost under parametric constraints in materials property prediction tasks. *Journal of Cheminformatics*, 16(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s13321-024-00811-6>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw Hill Education.
- Ikram, C., Lamya, A., Mohamed, E., & Mohamed, K. (2024). Model for motivating learners with personalized learning objects in a hypermedia adaptive learning system. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*, 13(2), 1282. <https://doi.org/10.11591/ijai.v13.i2.pp1282-1293>
- Jiang, L. (2024). Problem Analysis and Legal Protection of the Exercise of Teachers' Educational Disciplinary Rights Based on the Background of Big Data. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1), 1–18. <https://doi.org/10.2478/amns.2023.2.01350>
- Kerssens, N., & van-Dijck, J. (2023). Transgressing local, national, global spheres: the blackboxed dynamics of platformization and infrastructuralization of primary education. *Information Communication and Society*. <https://doi.org/10.1080/1369118X.2023.2257293>
- Kooptiwoot, S., Kooptiwoot, S., & Javadi, B. (2024). Application of regression decision tree and machine learning algorithms to examine students' online learning preferences during COVID-19 pandemic. *International Journal of Education and Practice*, 12(1), 82–94. <https://doi.org/10.18488/61.v12i1.3619>
- Kubegenova, A., Abuova, Z., Gumarova, A., & Kamalova, G. (2024). Using the Data Mining Tool to Analyze Student Performance. 39–51. https://doi.org/10.1007/978-3-031-50609-3_4
- Kumar, M., Singh, N., Wadhwa, J., Singh, P., Kumar, G., & Qtaishat, A. (2024). Utilizing Random Forest and XGBoost Data Mining Algorithms for Anticipating Students' Academic Performance. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, 16(2), 29–44. <https://doi.org/10.5815/ijmecs.2024.02.03>
- Li, Z. (2024). Image analysis and teaching strategy optimization of folk dance training based on the deep neural network. *Scientific Reports*, 14(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-61134-y>

- Long, P., & Siemens, G. (2011). Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. *EDUCAUSE Review*, 46(5), 30–40. <https://er.educause.edu/-/media/files/article-downloads/erm1151.pdf>
- Menacho-Chiok, C. H. (2020). Técnicas de minería de datos aplicadas a la plataforma educativa Moodle. *Revista Tierra Nuestra*, 14(1), 137–146. <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/tnu/article/view/1509/2618>
- Monsalve-Pulido, J., Parra, C. A., & Aguilar, J. (2024). Multimodal model for the Spanish sentiment analysis in a tourism domain. *Social Network Analysis and Mining*, 14(1). <https://doi.org/10.1007/s13278-024-01202-3>
- Okoye, K., Nganji, J. T., Escamilla, J., & Hosseini, S. (2024). Machine learning model (RG-DMML) and ensemble algorithm for prediction of students' retention and graduation in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6(January), 100205. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100205>
- Piaget, J. (1972). The principles of genetic epistemology. In *Basic Books*. <https://www.amazon.com/principles-genetic-epistemology-Jean-Piaget/dp/0710072961>
- Raji, N. R., Kumar, R. M. S., & Biji, C. L. (2023). Closing the gap: exploring the untapped potential of machine learning in deaf students and hearing students' academic performance. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 10(108), 1449–1475. <https://doi.org/10.19101/IJATEE.2023.10101685>
- Rohani, N., Gal, K., Gallagher, M., & Manataki, A. (2024). Providing insights into health data science education through artificial intelligence. *BMC Medical Education*, 24(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05555-3>
- Romero, C., & Ventura, S. (2013). Data mining in education. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 3(1), 12–27. <https://doi.org/10.1002/widm.1075>
- Roski, M., Ewerth, R., Hoppe, A., & Nehring, A. (2024). Exploring Data Mining in Chemistry Education: Building a Web-Based Learning Platform for Learning Analytics. *Journal of Chemical Education*, 101(3), 930–940. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00794>
- Salloum, S. A., Alhumaid, K., Alfaisal, A. M., Aljanada, R. A., & Alfaisal, R. (2024). Adoption of 3D Holograms in Science Education: Transforming Learning Environments. *IEEE Access*, 12(April), 70984–70998. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3402549>
- Santiago, C. S., Embang, S. I., Acanto, R. B., Ambojia, K. W. P., Aperocho, M. D. B., Balilo, B. B., Cahapin, E. L., Conlu, M. T. N., Lausa, S. M., Laput, E. Y., Malabag, B. A., Paderes, J. J., & Romasanta, J. K. N. (2023). Utilization of Writing Assistance Tools in Research in Selected Higher Learning Institutions in the Philippines: A Text Mining Analysis. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 20(11), 259–284. <https://doi.org/10.26803/ijlter.22.11.14>

Sergent, T., Daniel, M., Bouchet, F., & Carron, T. (2024). How Can Self-Evaluation and Self-Efficacy Skills of Young Learners be Scaffolded in a Web Application? *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17, 1184–1197. <https://doi.org/10.1109/TLT.2024.3360121>