
Análisis de sentimientos con inteligencia artificial para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje en el aula virtual

Sentiment analysis with artificial intelligence to improve the teaching-learning process in the virtual classroom

使用人工智能进行情感分析以改善虚拟课堂的教学过程

Анализ настроений с помощью искусственного интеллекта для улучшения процесса преподавания-обучения в виртуальном классе

Edward Jose Flores Masias

Universidad Nacional Federico Villarreal
eflores@unfv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-8972-5494>

Jose Hector Livia Segovia

Universidad Nacional Federico Villarreal
jlivia@unfv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-2226-3349>

Alfredo García Casique

Universidad Nacional Federico Villarreal
agarcia@unfv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-8373-3127>

María Elena Dávila Díaz

Universidad Nacional Federico Villarreal
mdavilad@unfv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-2555-8276>

Fechas · Dates

Recibido: 2022-08-17
Aceptado: 2022-10-07
Publicado: 2023-01-01

Cómo citar este trabajo · How to Cite this Paper

Flores Masias, E. J., Livia Segovia, J. H., García Casique, A., & Dávila Díaz, M. E. (2023). Análisis de sentimientos con inteligencia artificial para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje en el aula virtual. *Publicaciones*, 53(2), 185–200. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26825>

Resumen

Introducción: En los últimos años, el proceso de enseñanza-aprendizaje ha ido cambiando del modo presencial al virtual de forma progresiva a nivel mundial, esto se aceleró significativamente a causa de la pandemia del COVID-19 afectando todos los niveles de la educación, muchos países tuvieron que dar un salto al conocimiento digital, más por necesidad que por crecimiento tecnológico, lo cual originó buscar soluciones a los nuevos problemas a partir del entorno virtual. Hoy en la nueva normalidad, el entorno virtual se desarrollará paralelamente con el entorno presencial. El objetivo de la presente investigación fue identificar el estado emocional que tienen los estudiantes en el aula virtual, para permitir al docente evaluar la percepción que tienen los estudiantes durante su sesión de clase y así mejorar sus estrategias de enseñanza-aprendizaje en tiempo real.

Método: Se propuso una aplicación de inteligencia artificial con redes neuronales que permiten capturar el estado emocional de los estudiantes dentro del aula virtual en tiempo real para mostrar al docente la percepción de sus estudiantes durante la sesión de clase virtual.

Resultados: Los resultados obtenidos muestran el estado emocional de los estudiantes dentro del aula, para que el docente pueda evaluar y así mejore en tiempo real sus estrategias dentro del proceso enseñanza-aprendizaje.

Conclusiones: Se concluye que es una forma eficiente de mejora continua para los procesos del aprendizaje activo dentro del aula en tiempo real.

Palabras clave: redes neuronales, enseñanza-aprendizaje, enseñanza virtual, aprendizaje activo, análisis de sentimientos.

Abstract

Introduction: In recent years, the teaching-learning process has been changing from face-to-face to virtual mode progressively worldwide, this was significantly accelerated due to the COVID-19 pandemic, where the classroom went from face-to-face to virtual format, affecting all levels of education, many countries had to make a leap to digital knowledge more out of necessity than technological growth, which leads to seeking solutions to new problems from the virtual environment. Today in the new normal from now on, the virtual environment will be developed in parallel with the face-to-face environment. The objective of this research was to identify the emotional state that students have in the virtual classroom, to allow the teacher to evaluate the perception that students have during their class session and thus improve their teaching-learning strategies in real time.

Method: An application in artificial intelligence with neural networks was proposed to capture the emotional state of students in the virtual classroom in real time to show the teacher the perception of their students during the virtual class session.

Results: The results obtained allow to show the states of the group of students so that the teacher can perceive the sensation within their students at the time of the class and thus improve their teaching-learning strategies in real time.

Conclusions: It is concluded that it is an efficient form of continuous improvement for active learning processes within the classroom in real time.

Keywords: Neural Networks; teaching-learning; virtual teaching; active learning; sentiment analysis.

Аннотация

Введение: В последние годы во всем мире процесс преподавания-обучения постепенно переходит от очного к виртуальному режиму, это значительно ускорило из-за пандемии COVID-19, затронувшей все уровни образования, многим странам пришлось совершить скачок к цифровым знаниям, больше из-за необходимости, чем из-за технологического роста, который возник для поиска решений новых проблем из виртуальной среды. Сегодня, в условиях новой нормальности, виртуальная среда будет развиваться параллельно с очной средой. Целью данного исследования было определить эмоциональное состояние студентов в виртуальном классе, чтобы позволить преподавателю оценить восприятие студентов во время занятия и таким образом улучшить свои стратегии преподавания-обучения в режиме реального времени.

Метод: Было предложено приложение искусственного интеллекта с нейронными сетями для захвата эмоционального состояния студентов в виртуальном классе в реальном времени, чтобы показать преподавателю восприятие своих студентов во время сеанса виртуального класса.

Результаты: полученные результаты показывают эмоциональное состояние учеников в классе, чтобы учителя могли оценить и улучшить свои стратегии в процессе преподавания-обучения в режиме реального времени.

Выводы: Сделан вывод, что это эффективная форма непрерывного совершенствования процессов активного обучения в классе в режиме реального времени.

Ключевые слова: нейронные сети, преподавание-обучение, электронное обучение, активное обучение, анализ настроений.

摘要

引言: 近年来, 全球范围内的教学过程逐渐从面对面向虚拟模式转变。由于 COVID-19 疫情影响了各级教育, 这一进程显著加快, 许多国家不得不做出飞速补充数字知识, 而不仅仅是技术的增长。这一必要性促使我们从虚拟环境中寻找新问题的解决方案。在新常态的今天, 虚拟环境将与面对面环境并行发展。本研究的目的是确定学生在虚拟课堂中的情绪状态, 让教师能够评估学生在课堂上的感受, 从而实时改进他们的教学策略。

研究方法: 我们提出了一个带有神经网络的人工智能应用程序, 可以实时捕捉虚拟教室中中学生的情绪状态, 以向教师展示学生在虚拟课堂上的感受。

研究结果: 获得的结果显示了学生在课堂上的情绪状态, 以便教师在教学过程中实时评估并改进他们的策略。

研究结论: 得出的结论是, 它是一种持续改进课堂内实时主动学习过程的有效形式。

关键词: 神经网络, 教学-学习, 虚拟教学, 主动学习, 情感分析。

Introducción

Durante los últimos años, la Inteligencia Artificial (IA) ha ido en constante crecimiento en cuanto a su campo de aplicación, se viene utilizando en muchas áreas como la medicina (Hamet & Tremblay, 2017), justicia (Corvalan, 2018) y la educación (Talan, 2021), entre otros contextos, señalándose su impacto para el futuro del trabajo (Howard, 2019). Del mismo modo, poco a poco ha comenzado a tener influencia no solo en áreas tecnológicas o de procesos rígidos, sino también en otras áreas de las ciencias sociales, como es el caso de la psicología (Tahan, 2019, De Mello, 2019) y

psiquiatría (Fakhoury, 2019), en donde surge la necesidad de interpretar patrones y comportamientos humanos desde el punto de vista del comportamiento, traduciendo esos datos en el contexto informático y aplicando modelos matemáticos para poder interpretar y comprender determinadas acciones o patrones del comportamiento humano que permiten una clasificación con el objetivo de poder comprender su comportamiento.

La elección de las estrategias didácticas adecuadas se convierte en una condición óptima a nivel curricular para el logro de los aprendizajes. Esta identificación permite que el docente pueda acercar su mirada principalmente hacia aquellos estudiantes cuyas respuestas a nivel emocional no son las adecuadas y establecer mecanismos que le permitan favorecer el aprendizaje de todos los estudiantes. Se debe entender que “el aula de clases es un medio emocional” (León & Romero, 2020). Los estudiantes reflejan en el aula diversos elementos psicoafectivos y esto debe ser asumido por un docente dispuesto a generar un clima idóneo en el aula en el que la afectividad debe ser un eje fundamental. El docente está llamado a un acercamiento hacia aquellos estudiantes que estén demostrando emociones que pueden ser identificadas como una señal de su necesidad de acompañamiento la cual debe ser respondida. Roberts y Roselot (2020) sostienen que el contexto educativo debe ser responsable y responder ante un estudiante que debe estar situado como un agente activo en un ambiente que le provee satisfacción durante su permanencia.

Desde las aplicaciones de los teléfonos móviles que ubican nuestro lugar de residencia y donde trabajamos en función del recorrido diario que realizamos diariamente, los diversos dispositivos que se usan para reconocer la voz, la música, hasta incluso los automóviles que circulan por las calles sin conductor alguno, la inteligencia artificial ha dado un giro en nuestras vidas (El Hechi et al., 2021).

Dentro del contexto educativo, la IA debe buscar nuevas formas de trabajo dentro de la complejidad de esta área e ir más allá del conocimiento de las disciplinas tales como la computación o la ingeniería (Xu & Babaian, 2021).

La inteligencia artificial tiene como base un conjunto de algoritmos definidos que hacen posible que las máquinas puedan tomar alguna decisión en vez de los seres humanos. Esta nueva tecnología permite ver una mejora sobre la toma de decisiones de los usuarios finales en diversas áreas (Tarik et al., 2021). Para poder analizar la información que crece permanentemente de forma exponencial, se utilizan regularmente técnicas de aprendizaje profundo que permitan, de esta forma, alcanzar resultados válidos. El éxito sobre el aprendizaje profundo para el desarrollo es posible gracias al crecimiento constante de información que hoy en día se conoce como el Big data, y también al poder del procesamiento actual (Wang et al., 2021). Actualmente el uso de reconocer imágenes ha sido utilizado en diversos campos de estudio, tales como la medicina, farmacología, tratamiento de enfermedades por imágenes, etc. Esta técnica ha sido objeto de amplio estudio (Yang et al., 2021).

Es por esto, que surge la necesidad de poder comprender hoy en día al factor humano dentro de los procesos de enseñanza-aprendizaje, principalmente a causa de la coyuntura ocasionada por el COVID-19, donde los estudiantes dejaron de asistir a sus instituciones educativas de forma presencial y se vieron envueltos en el mundo virtual para poder dar continuidad a los procesos educativos.

Uno de los principales problemas identificados en el proceso enseñanza-aprendizaje es la comunicación entre el estudiante y el docente, la interacción e interpretación del estado emocional de los estudiantes es necesaria conocerla para determinar las

estrategias que permitan motivar o reconectar al estudiante con el conocimiento del curso y de esta forma desarrollar actividades y capacidades motivadoras dentro la sesión de aprendizaje. De acuerdo con Pulido y Herrera (2017), han descrito la relación entre inteligencia emocional y rendimiento académico, aumentado las puntuaciones en esta última variable a medida que ascienden las puntuaciones en inteligencia emocional, así como relaciones entre miedo y rendimiento académico y miedo e inteligencia emocional siendo estas inversamente proporcionales.

Dentro del contexto en el que se desarrolla el ser humano, las emociones permiten ser una forma de comunicación esencial que tienen origen en la naturaleza gregaria. En general, toda forma viviente, independientemente de la cultura o especie, requieren del uso de las emociones para que estas puedan expresar o transmitir a otros seres vivientes sobre los sentimientos que estas tienen (Paul & Mendl, 2018, citado por Yee et al., 2021).

Un reto importante a tener en cuenta para la integración de la tecnología educativa consiste en hacer que los estudiantes se involucren en diversas formas afectivas. Sobre esto, aún no hay la forma como la tecnología puede moldear la actitud y del mismo modo el comportamiento al momento de aprender, lo encontrado en la psicología educativa y en las ciencias del aprendizaje dan como resultado la falta de interés de la investigación (Nazari et al., 2021). Dentro del ciberespacio, el medio esencial que permite comunicar sentimientos son las redes sociales debido al crecimiento rápido del acceso a internet. Diversas personas, a través de las redes sociales, usan contenido de audio y video, imágenes o texto para dar a conocer sus sentimientos o alcances (Nandwani & Verma, 2021). Igualmente, a través del tiempo ha sido posible procesar videos y audios en la misma plataforma, permitiendo disminuir el alcance de la solución con un considerable ahorro de energía, si fuese el factor tiempo, un factor crítico, se podría trabajar actualmente a tiempo real, logrando de esta forma, mantener bajo control el tiempo del uso del sistema y de los diferentes dispositivos conectados (Aiquipa et al., 2019).

Otro contexto que se centra en el estudiante es el aprendizaje activo, donde el estudiante recurre a la discusión, y del mismo modo, en el juego de diversos roles sobre la solución colaborativa en la resolución de problemas; esto permite involucrar poco a poco al estudiante, sin embargo, este proceso ha sido relativamente disminuido debido a la coyuntura actual de la pandemia, hoy en día, estas actividades del proceso que eran anteriormente centradas en el aula se realizan en forma virtual (Hasnine et al., 2021). El aprendizaje activo actualmente forma parte de un enfoque de tipo estratégico para formar parte de un principio educativo. Los estudiantes al comprometerse se generan una preocupación más grande, muchos estudios se han realizado sobre la forma de dar sustento a este enfoque, pero, existe un problema sobre la forma de cómo evaluar el progreso y el desempeño eficazmente (Jirapanthong, 2020). Los grandes grupos de estudio generalmente enfrentan nuevos desafíos para poder mejorar de alguna forma el aprendizaje activo, la retroalimentación en el aula y la repetición, ya que son imprescindibles para poder promover el aprendizaje de los estudiantes (Tautz et al., 2021).

La técnica biométrica de uso frecuente para la identificación de rostros es el reconocimiento facial, una técnica que se encarga, a través de fotografías multimedia, de realizar el reconocimiento facial. Esta técnica se ha ido poco a poco incrementando a nivel mundial (Shetty et al., 2021). Las redes de tipo neuronales convolucionales son el soporte para identificar las imágenes como vectores. Se identifica la similitud en dos imágenes y se evalúa que sean lo más parecidas. Este tipo de similitud se puede

calcular por diversas formas o métricas, como la distancia euclidiana, la similitud del coseno o a través de la forma L2. Regularmente la configuración que se usa de forma principal es la similitud de coseno (Serengil & Ozpinar, 2020).

FaceNet, aprende directamente de un mapeo de imágenes de rostros a un espacio euclidiano compacto donde las distancias corresponden directamente a una medida de similitud de rostros. Una vez que se ha producido este espacio, las tareas como el reconocimiento facial, la verificación y la agrupación se pueden implementar fácilmente utilizando técnicas estándar con incrustaciones de FaceNet como vectores de funciones. Este método utiliza una red convolucional profunda entrenada para optimizar directamente la inserción en sí, en lugar de una capa de cuello de botella intermedia como en los enfoques de aprendizaje profundo anteriores (Schroff et al., 2015).

ArcFace, uno de los principales desafíos en el aprendizaje de características utilizando redes neuronales convolucionales profundas (DCNN) para el reconocimiento facial a gran escala es el diseño de funciones de pérdida apropiadas que mejoran el poder discriminativo. La pérdida de centro penaliza la distancia entre las características profundas y sus correspondientes centros de clase en el espacio euclidiano para lograr la compacidad intraclase. ArcFace propone una pérdida de margen angular aditiva para obtener características altamente discriminatorias para el reconocimiento facial. La propuesta de ArcFace tiene una interpretación geométrica clara debido a la correspondencia exacta con la distancia geodésica en la hiperesfera (Deng et al., 2019).

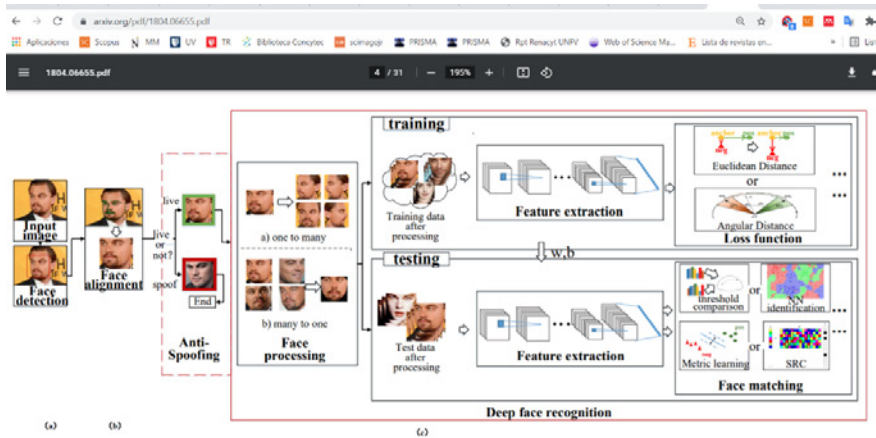
OpenFace, usa *dlib* para detectar la región de la cara en una imagen y da como resultado un cuadro que rodea cada cara que puede estar en diferentes poses. OpenFace emplea la transformación afin 2D como método de preprocesamiento que establece las esquinas de la nariz y los ojos relativamente cerca de las ubicaciones medias cambiando el tamaño y recortando las imágenes a los bordes de los puntos de referencia producidos por el detector de rostros *dlib*. El resultado de esta transformación es una imagen normalizada en 96 x 96 píxeles. Las imágenes normalizadas luego se introducen en la red para generar incrustaciones (representaciones). Estas incrustaciones se mapean en tripletes, se procesan mediante la función de pérdida de triplete y producen un gradiente que se retropropaga a través del mapeo. El modelo de red entrenado luego se puede usar como parte del marco de reconocimiento facial para generar incrustaciones y luego clasificar (Santoso & Kusuma, 2018).

Dlib es una biblioteca de código abierto que proporciona mejor entorno para desarrollar software basado en Aprendizaje automático en C++. El núcleo del *Dlib* es lineal con subprogramas básicos de álgebra lineal (BLAS). Se utiliza principalmente para la implementación de Redes bayesianas y algoritmos basados en Kernel para clasificación, agrupamiento, detección de anomalías, regresión y clasificación de características (Sharma et al., 2017). La biblioteca *Dlib* tiene dos componentes principales, álgebra lineal y herramientas de Machine Learning. El componente de álgebra lineal se basa en las técnicas de expresión de plantilla establecidas en *Blitz ++* software numérico de Veldhuizen y Ponnambalam en 1996. *Dlib* usado con BLAS gana el rendimiento y la velocidad del código como bibliotecas optimizadas. *Dlib* puede realizar cualquier transformación en todas las expresiones invocando el BLAS apropiado que permite al usuario escribir ecuaciones en la forma más intuitiva, dejando así los detalles de la optimización del software a la biblioteca. Las herramientas de machine learning tienen el objetivo principal de proporcionar arquitectura modular simple y alta para el kernel basado en algoritmos *Dlib* se puede implementar en imágenes, vectores de columna o cualquier forma de datos estructurados. La implementación del algoritmo es completamente diferente de los datos sobre los que operan. La flexibilidad de *Dlib* es una

operación directa en cualquier objeto que lo haga para aplicar núcleos personalizados donde el núcleo opera con objetos del vector de longitud fija (King, 2009).

Figura 1

Modelo de reconocimiento facial DeepFace.



Nota. Tomado de "Deep Face Recognition: A Survey. Neurocomputing" por M. Wang & W. Deng, 2018, scienceDirect.

El gráfico representa el proceso de reconocimiento facial en sus etapas de alineación de la imagen, validación y procesamiento dentro del modelo que ha sido entrenado y probado.

Desde un punto de vista metodológico, se ha comprobado que las Redes Neuronales Artificiales son de mucha utilidad en el estudio de los fenómenos de comportamiento tanto individuales como sociales, los cuales están determinados en la mayoría de los casos por multitud de factores conocidos y desconocidos (Montaño, 2002). Posteriormente, la psicómetra Alina von Davier acuñó el término Psicometría Computacional, que define un paradigma entre el uso de herramientas de Big Data y Machine Learning con la vanguardia de la investigación teórica en psicometría, que permitan desarrollar nuevos modelos para manejar nuevos tipos de datos y la integración holística de sistemas de enseñanza, aprendizaje y evaluación (von Davier et al., 2019).

En los modelos de Machine Learning la predicción se logra mediante el uso de algoritmos de aprendizaje de propósito general para encontrar patrones en conjuntos de datos a menudo numerosos y muy complejos (Orrù et al., 2020). Las redes neuronales de alto rendimiento se entrenan con conjuntos de datos extremadamente grandes. Por ejemplo, una red neuronal profunda con 152 capas y entrenada en un conjunto de datos de Imagenet ($n = 1.2$ mn de imágenes) ha reducido al 3% el error en la clasificación de imágenes (He et al., 2016).

Por otro lado, Orrù et al. (2020) expresa que en el análisis de experimentos psicológicos, el número típico de puntos de datos está dado en el rango de 100 y se pregunta: ¿Los clasificadores de ML entrenados en un conjunto de datos tan pequeño mantienen su rendimiento? Para evaluarlo decidió procesar 298 participantes evaluados en un entorno de baja credibilidad (124 en el grupo de falsos buenos y 124 en el grupo de falsos malos), a los cuales se les agrupó en pequeños grupos de 62 participantes, (32

por cada una de las dos categorías), obteniéndose un buen desempeño. Sobre estos cuestionamientos se concluyó que la generalización/replicación de resultados a datos no vistos se estima de manera realista en lugar de considerarla de manera optimista, del mismo modo, se logró obtener estimaciones más realistas sobre la utilidad que el de un procedimiento diagnóstico.

El objetivo de la presente investigación fue identificar el estado emocional de los estudiantes en el aula virtual a través del reconocimiento facial utilizando redes neuronales convolucionales, para permitir al docente mejorar sus estrategias de enseñanza-aprendizaje en tiempo real para mantener siempre a los estudiantes motivados y en constante atención dentro del aula en función de las estrategias que emplea el docente, ya sea a través de la motivación, actividades participativas, colaborativas, entre otras.

Método

En la presente investigación se utilizó el paradigma constructivista, ya que en el constructivismo el relativismo afirma que no existen realidades únicas y determinadas, sino construcciones que responden a la percepción individual de cada individuo, lo que construye diversas necesidades e interpretaciones de lo que rodea a los individuos (Ramos, 2015). El enfoque de investigación es de tipo cuantitativo al recoger información de los individuos que se observan y del mismo modo, al determinar la probabilidad de ocurrencia de estos. Para el análisis de datos se utilizó el enfoque basado en datos, un enfoque muy utilizado dentro de la inteligencia artificial y del machine learning.

Por ser un prototipo, el presente estudio se ha realizado con una muestra representativa de 6 estudiantes en esta etapa inicial, 3 estudiantes del nivel de Educación básica regular y 3 estudiantes de educación superior universitaria, tomando como base una sesión de clase desarrollada en cada nivel. La muestra representativa es una muestra de tamaño relativamente apropiado que ha sido seleccionada por procedimientos aleatorios y las características que se observan en ella corresponden a la población de la cual se extrajo (Ras, 1980; Cochran, 1976; Scheaffer et al., 1987, citado por Gomez & Gomez, 2019). No existe la muestra representativa, es un ideal, nosotros la llamamos muestra suficientemente representativa (Gomez & Gomez, 2019).

Dentro del método desarrollado se ha utilizado el diseño no experimental, de tipo transeccional descriptivo que tiene como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiesta una o más veces, para lo cual, se desarrolló una solución de software en inteligencia artificial con redes neuronales convolucionales en lenguaje de programación Python que permita identificar a través de la cámara web, usando análisis biométrico, recoger las emociones de las personas tales como enojado, miedo, neutral, triste, disgustado, feliz y sorprendido, estas emociones se pueden encontrar utilizando las librerías del lenguaje de programación Python, las cuales trabajan con gran precisión en los modelos de reconocimiento facial tales como ArcFace, Google Facenet, DeepID, OpenFace, Dlib, VGG-Face y Facebook Deepface, los cuales han demostrado los porcentajes de precisión siguientes: Facebook Deepface y DeepID en base a experimentos, Dlib obtuvo el 99.38%; DeepID obtuvo 97.05%; ArcFace obtuvo el 99.41%; FaceNet / w 128d obtuvo un 99.2%; Google FaceNet, VGG-Face, ArcFace y dlib por encima que Openface, VGG-Face obtuvo un 98.78%; Como apoyo, Google FaceNet/ w 512d obtuvo un 99.65%; OpenFace tuvo 93.80% de precisión en el conjunto

de datos LFW, en comparación con las personas que solo tienen un 97.53%. Vistos los resultados expuestos, (Serengil & Ozpinar, 2020, 2021). para el presente estudio se decidió utilizar DeepFace que es una librería de python que cuenta con un marco híbrido de reconocimiento facial que envuelve los modelos VGG-Face, OpenFace, ArcFace, DeepID, Dlib, Google FaceNet y Facebook DeepFace. Los modelos de reconocimiento facial son redes neuronales convolucionales regulares y la similitud podría calcularse por la distancia euclidiana, la similitud del coseno y la forma L2 donde esta última parece ser la más estable.

La librería DeepFace cuenta con un módulo de atributos faciales que permiten también el reconocimiento de la raza, edad y género de una persona; solo para conocer el proceso de entrenamiento del modelo de reconocimiento facial de esta librería se utilizaron en una etapa inicial 13 mil imágenes de rostros de unas 5 mil personas, posteriormente, los investigadores agregaron 2600 imágenes más para ajustar mejor el modelo (Serengil & Ozpinar, 2020). Los estados de sentimientos se obtienen a partir de la red neuronal convolucional que soporta esta librería con todas las imágenes utilizadas en el entrenamiento en sus diversos estados.

Según Wang y Deng (2018) para el reconocimiento facial del modelo descrito se requieren tres pasos (Figura 1). Primero se identifica una imagen que puede estar incluso en un video. Segundo, la imagen se alinea con las coordenadas canónicas normalizadas lo cual permite identificar la veracidad de la imagen y descartar cualquier falsificación evitando así cualquier tipo de ataque, luego de esto, se puede realizar el reconocimiento facial. En la tercera parte de la Figura 1, se esquematiza el proceso de entrenamiento y pruebas del modelo de reconocimiento facial, el cual, una vez validado permite recibir la imagen que va a ser evaluada para determinar el grado de similitud correspondiente. Todo este proceso es soportado por redes neuronales convolucionales.

Con el propósito de evaluar el estado situacional de todos los estudiantes en el aula en tiempo real, procesar la información y enviarla al docente para que, a través de su computadora pueda identificar el estado total del aula de estudios en función de los siete estados indicados, se realizó una prueba, para lo cual, la solución de software a desarrollar requiere que los participantes estén con sus cámaras encendidas durante la clase, de tal forma, que el sistema recoja las emociones de cada estudiante en tiempo real y las envíe al docente en todo momento.

Resultados

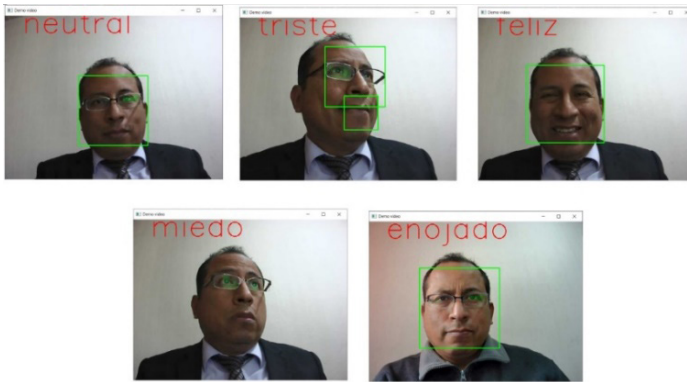
En el proceso de prototipo realizado (Figura 2) se aprecia la recolección de la información de un estudiante, de acuerdo a las emociones que pudo registrar en diferentes momentos de una clase.

El sistema propuesto evaluó las diferentes imágenes en tiempo real a través de algoritmos en inteligencia artificial de redes neuronales convolucionales regulares, realizó una comparación entre la base de datos seleccionada y la imagen que se había recogido del estudiante, alineó la imagen del rostro, identificó los puntos geométricos principales, luego estableció el porcentaje correspondiente a cada rasgo identificado dentro del análisis de sentimientos descrito anteriormente y finalmente determinó probabilísticamente los resultados correspondientes a las imágenes recogidas de la persona, de tal forma, que en cualquier momento de la clase se pudo recoger la

probabilidad de los siete estados descritos y estimar el mayor valor aceptable como resultado de su expresión.

Figura 2

Estados emocionales de reconocimiento facial



El siguiente código, es el resultado de la información obtenida dentro del prototipo realizado, el cual nos muestra un conjunto de parámetros establecidos para indicar una persona en estado normal (neutral), estos estados emocionales fueron implementados dentro de Deepface donde se hizo el análisis y la validación correspondiente (Serengil & Ozpinar, 2021) el procesamiento por parte de la aplicación determina el porcentaje de coincidencias de todos los estados emocionales, se ha tomado una captura en tiempo real de la imagen del estudiante y esta ha sido comparada con la base de datos con la cual cuenta el modelo de la aplicación. El siguiente es un ejemplo de la salida del código:

```
program (Output)
{'emotion': {'angry': 0.019127620907966048,
'disgust': 0.0019221228285459802,
'fear': 23.840796947479248,
'happy': 18.211452662944794,
'sad': 21.598833799362183,
'surprise': 0.0010724763342295773,
'neutral': 36.326801776885986},
'dominant_emotion': 'neutral'}
```

Como se puede apreciar, se verificó un conjunto de información relevante sobre los estados emocionales del estudiante, en donde se pudo encontrar los siete estados indicados para el presente estudio, los cuales se detallan en la Tabla 1.

El estado emocional que cuenta con mayor probabilidad es el estado neutral, lo que significa que en ese instante el estudiante se encontró en una condición de tipo normal dentro de la clase.

Del mismo modo, la librería DeepFace, muestra también los datos promedio de la edad, el género y la raza de una persona, de la cual, esta última, es determinada a través de un estudio probabilístico sobre las posibles razas entre indio, negro, blanco, medio oriente y latino hispano, donde, de acuerdo con la probabilidad más alta se establece la raza dominante de la persona.

Tabla 1

Probabilidad de todos los estados emocionales obtenidos al momento de capturar la imagen de la persona

Estado emocional	Probabilidad obtenida	Probabilidad
Enojado	.019127620907966048	.02%
Disgusto	.001922122828545980	.00%
Miedo	23.840796947479248	23.84%
Feliz	18.211452662944794	18.21%
Triste	21.598833799362183	21.60%
Sorpresa	.00107247633422957	.00%
Neutral	36.326801776885986	36.33%

Para determinar la forma óptima en cuanto a velocidad de procesamiento se realizó un test de 100 imágenes de una misma persona en diferentes posiciones faciales, así como también en diferentes estados emocionales. Para determinar el tiempo de respuesta en procesamiento por análisis de sentimientos de las imágenes se utilizó el reconocimiento facial a través de DeepFace que presenta la opción de configurar el backend del detector de rostros con las siguientes configuraciones: "retinaface", "mtcnn", "opencv", "ssd" y "dlib". La propuesta presentada requirió en todo momento la reducción de tiempos de procesamiento en el computador del usuario, así como en el servidor principal. Para el primer caso, se detectó que al configurar la aplicación con "retinaface" los tiempos de respuesta eran bastante altos, del mismo modo, cuando se utilizó con "mtcnn" se encontró el mismo problema, si bien es cierto que ambos modelos pueden tener un incremento de reconocimiento facial más exitoso, en este caso, quedan descartados para la presente aplicación. Para el uso de dlib se encontró que DeepFace no cuenta actualmente con el módulo, no permitiendo su configuración en forma básica, por lo cual tampoco se considera como opción, quedando solamente "opencv" que es la configuración por defecto, y del mismo modo "ssd", los cuales al ser utilizados demostraron un alto rendimiento en corto tiempo.

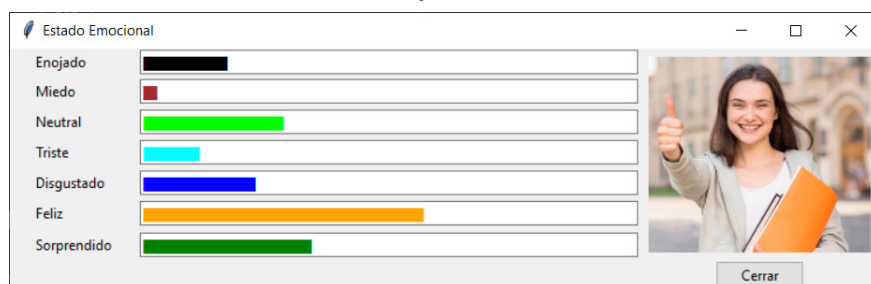
Una vez recogida la información de todos los estudiantes, se determinó en la aplicación las estadísticas reales por la cantidad de estudiantes de los diferentes estados encontrados en el salón de clases, determinándose en forma visual los resultados que podrán ser visualizados en el monitor del docente en tiempo real mientras va desarrollándose la clase, estos datos se actualizarán permanentemente durante toda la sesión.

La Figura 3 nos muestra un ejemplo de prototipo de la aplicación que visualizará el docente, donde sobre los resultados obtenidos del análisis de sentimientos, estos no se podrán visualizar de forma independiente para cada estudiante, debido a que en un salón de clases virtuales existe un promedio de treinta o más estudiantes, por lo cual, es difícil observar una estadística recurrente por cada uno de ellos en todo momento, por lo tanto, no se presentarán porcentajes por cada estado identificado de los estudiantes, ni tampoco el nombre o la ubicación de los estudiantes dentro del salón virtual, esto se hace con el fin de evitar juicios de valor sobre alguno de los estudiantes durante la clase, el docente solo deberá visualizar en su pantalla una estadística con

los diversos estados globales del grupo de estudiantes para que el docente pueda validar y escoger adecuadamente cuál es la estrategia más adecuada dentro del proceso enseñanza-aprendizaje para desarrollar su clase. Del mismo modo, teniendo en cuenta que el docente no puede estar permanentemente mirando el estado situacional de su salón de clase, se ha determinado incorporar una imagen representativa al estado de la clase y relacionada con el color indicado, de esta forma, se evitará distracción o preocupación constante por parte del docente. Por otro lado, la aplicación no le indicará ni le sugerirá una alternativa metodológica, debido a que cada curso en un centro de estudios tiene diversas metodologías efectivas para su aplicación, a todo esto, se suma la experiencia del docente que se encuentra desarrollando la clase para que pueda aplicar de acuerdo con su experiencia las mejores estrategias dentro de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Figura 3

Monitor situacional del salón de clase en estado feliz



Los resultados descritos en la Figura 3 se corresponden a una ventana de entorno visual, obtenida por la aplicación desarrollada en Python, esta aplicación es independiente del tipo de plataforma que utilice el docente para la conexión de la sesión virtual de clases, (Zoom, Teams, BlackBoard, etc.), No afecta el rendimiento de la aplicación principal de conectividad de clases lo que permite una independencia en las herramientas a utilizar dentro del aula virtual.

Discusión

De acuerdo con Wang y Deng (2018) para gestionar en los estudiantes la asistencia a clases, se ha identificado que esta es una tarea que se presenta reiteradas veces y demanda mucho tiempo para los administradores y maestros de escuela, por lo cual, se pensó en automatizar esta actividad con la implementación de los avances conocidos dentro del aprendizaje automático. En la realización de su investigación desarrolla una propuesta sobre un sistema de asistencia que se caracteriza por el uso del reconocimiento facial. Dentro del salón de clases se fotografía permanentemente con una cámara, luego se realiza un análisis en profundidad sobre la obtención de las imágenes capturadas con el fin de identificar y extraer los rasgos faciales, permitiendo de este modo el reconocimiento facial de su identidad, lo cual nos permite identificar concordancias relevantes con la propuesta presentada en el presente artículo, al utilizar inteligencia artificial con redes neuronales para el registro de imágenes faciales dentro de los procesos que son necesarios para facilitar el desarrollo de clases.

Por otro lado, Shrestha y Furqan (2020) expresan que IoT utiliza diversos sensores y determinados dispositivos existentes junto con diferentes algoritmos que permiten desarrollar una experiencia de aprendizaje que puede ser más eficiente e inteligente tanto para profesores como para estudiantes. Con base en la encuesta bibliográfica que realizó en la investigación realizada, sugiere identificar momentos en que los estudiantes se distraen de la clase y avisa los asesores o envía una alerta a través de aplicaciones inteligentes a los estudiantes. El sistema se encarga de preguntar sobre el tema a los estudiantes y si se equivocan, se avisa a los asesores para que puedan apoyar con una mejor experiencia de aprendizaje, lo cual nos muestra también la preocupación del uso de inteligencia artificial de forma similar al presente estudio para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Por último, Tautz et al. (2021) describe que en las tecnologías digitales se ofrece cada vez nuevas posibilidades de incrementar el desarrollo a través del aprendizaje activo, esto se debe a la repetición y la retroalimentación en clases que son muy numerosas de estudiantes. Desarrollaron una forma que permite evaluar la implementación de diversas herramientas digitales sobre la percepción en el aprendizaje activo, la repetición y la retroalimentación. Todos estos factores mencionados son importantes para la eficacia del aprendizaje, lo cual les permite coincidir en la preocupación por mejorar cada vez más el proceso enseñanza-aprendizaje.

Dentro de lo revisado en el presente estudio, se identifica que existe una mejora en el proceso enseñanza-aprendizaje desde el acompañamiento del docente haciendo uso de la inteligencia artificial y redes neuronales convolucionales, lográndose comprobar que se pueden elaborar estrategias apropiadas desde el conocimiento del estado emocional de los estudiantes. Esto permite en el futuro mejorar las condiciones del aprendizaje activo dentro del aula.

Conclusiones

Se concluye que el prototipo de solución propuesta puede aplicarse a cualquier nivel educativo en entornos virtuales, lográndose identificar que un factor principal es el estado emocional del estudiante. Esto favorece que el docente pueda establecer estrategias que favorezcan un buen clima en el aula, lo que permitirá mayor interés en los estudiantes y una participación óptima durante el proceso de aprendizaje.

En la medida que el docente tome conciencia de la importancia de generar un ambiente afectivo de aprendizaje y se interese por el aspecto emocional, promoverá una mejor interacción entre todos los actores, lo cual favorecerá el proceso y los resultados del aprendizaje. Esto permite darse cuenta que este aporte no solamente es valioso para el momento en que se desarrolla la acción pedagógica, sino que también se convierte en un medio para que los docentes vayan asumiendo la importancia de la formación integral de los estudiantes, en la que el desarrollo de habilidades sociales es fundamental y se ve impulsada cuando el docente asume que el aspecto socioemocional es parte inherente a los procesos de enseñanza-aprendizaje y promueve una participación activa que permite establecer a futuro un proceso de mejora continua entre los estudiantes y el docente. Este prototipo brinda información al docente, que no solamente le permite la búsqueda de estrategias didácticas óptimas para favorecer el proceso formativo, sino que le permite interiorizar su responsabilidad en la formación de la persona y no focalizarse únicamente en el desarrollo cognitivo que durante décadas fue su interés principal.

El prototipo propuesto basado en inteligencia artificial es una solución desarrollada en software libre Python de bajo costo, puesto que no transmite video en tiempo real, sino que captura imágenes en diversos intervalos de tiempo, estas son analizadas en la aplicación enviando solamente el estado emocional al docente, permitiendo no saturar el servicio de internet en el cual se desarrolla el proceso enseñanza-aprendizaje.

La presente propuesta contribuye a identificar el estado emocional de los estudiantes para mejorar las estrategias del proceso enseñanza-aprendizaje dentro del aula de clase en tiempo real, siendo una herramienta importante para que el docente pueda tomar decisiones en tiempo real y fortalece su propuesta pedagógica para el futuro, en el que la formación integral del estudiante será su gran reto.

Teniendo en consideración lo señalado, se pueden realizar trabajos en el futuro a partir de la presente solución que permitan medir otros aspectos de los estudiantes, tales como la participación en clase, aprendizajes colaborativos, seguimiento de evaluaciones entre otros. De esta forma el enriquecimiento del proceso formativo integral de la persona encuentra en estos prototipos un gran aporte para la acción pedagógica.

Referencias

- Aiquipa, W. A., Flores, E., Sernaque, F., Fuentes, A., Cueva, J., & Núñez, E. O. (2019). *Integrated Low-Cost Platform for the Capture, Processing, Analysis and Control in Real Time of Signals and Images*. 2nd International Conference on Sensors, Signal and Image Processing. <https://doi.org/10.1145/3365245.3365249>
- Corvalán, J. G. (2018). Inteligencia artificial: Retos, desafíos y oportunidades - Prometea: la primera inteligencia artificial de Latinoamérica al servicio de la Justicia. *Revista de Investigações Constitucionais*, 5, 295-316. <https://doi.org/10.5380/rinc.v5i1.55334>
- de Mello, F. L., & de Souza, S. A. (2019). Psychotherapy and Artificial Intelligence: A Proposal for Alignment. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.00263>
- Deng, J., Guo, J., Xue, N., & Zafeiriou, S. (2019). *ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition*. 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). <https://doi.org/10.1109/CVPR.2019.00482>
- El Hechi, M., Ward, T. M., An, G. C., Maurer, L. R., El Moheb, M., Tsoulfas, G., & Kaafarani, H. M. (2021). Artificial Intelligence, Machine Learning, and Surgical Science: Reality Versus Hype. *Journal of Surgical Research*, 264, A1-A9. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.01.046>
- Fakhoury, M. (2019). Artificial Intelligence in Psychiatry. En Y.-K. Kim (Ed.), *Frontiers in Psychiatry: Artificial Intelligence, Precision Medicine, and Other Paradigm Shifts* (pp. 119-125). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9721-0_6
- Gomez, A., & Gomez, K. (2019). *Muestreo estadístico para docentes y estudiantes* (1ª Ed.). Independently published.
- Hamet, P., & Tremblay, J. (2017). Artificial intelligence in medicine. *Metabolism-clinical and experimental*, 69, S36-S40. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.01.011>
- Hasnine, M. N., Ahmed, M. M. H., & Ueda, H. (2021). Learner-Centric Technologies to Support Active Learning Activity Design in New Education Normal: Exploring the Disadvantageous Educational Contexts. *International Journal of Emerging*

- Technologies in Learning (IJET)*, 16(10), 150-162. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i10.20081>
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition. *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.90>
- Howard, J. (2019). Artificial intelligence: Implications for the future of work. *American Journal of Industrial Medicine*, 62(11), 917-926. <https://doi.org/10.1002/ajim.23037>
- Jirapanthong, W. (2020). A Tool for Supporting the Evaluation of Active Learning Activities. En Y. Tan, Y. Shi, & M. Tuba (Eds.), *Advances in Swarm Intelligence* (pp. 476-484). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53956-6_43
- King, D. E. (2009). Dlib-ml: A Machine Learning Toolkit. *Journal of machine learning research*, 10, 1755-1758.
- León, O., & Romero, J. (2020). *Ambientes de aprendizaje accesibles que fomentan la afectividad en contextos universitarios*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Montaño, J. (2002) Redes Neuronales Artificiales aplicadas al Análisis de Datos [Tesis doctoral]. Universitat De Les Illes Balears. <http://hdl.handle.net/11201/2511>
- Nandwani, P., & Verma, R. (2021). A review on sentiment analysis and emotion detection from text. *Social Network Analysis and Mining*, 11(1), 81. <https://doi.org/10.1007/s13278-021-00776-6>
- Nazari, N., Shabbir, M. S., & Setiawan, R. (2021). Application of Artificial Intelligence powered digital writing assistant in higher education: Randomized controlled trial. *Heliyon*, 7(5), e07014. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07014>
- Orrù, G., Monaro, M., Conversano, C., Gemignani, A., & Sartori, G. (2020). Machine Learning in Psychometrics and Psychological Research. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.02970>
- Pulido, F. P., & Herrera, F. H. (2017). La influencia de las emociones sobre el rendimiento académico. *Ciencias Psicológicas*, 29-39. <https://doi.org/10.22235/cp.v11i2.1344>
- Ramos, C. A. (2015). Los paradigmas de la investigación científica. *Avances en Psicología*, 23(1), 9-17. <https://doi.org/10.33539/avpsicol.2015.v23n1.167>
- Roberts, K., & Rosselot, C. (2019). Experiencia de acompañamiento a estudiantes para la permanencia en la educación superior desde una perspectiva Socioeducativa: El caso de la Universidad de Santiago de Chile. *Congresos CLABES*.
- Santoso, K., & Kusuma, G. P. (2018). Face Recognition Using Modified OpenFace. *Procedia Computer Science*, 135, 510-517. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.203>
- Schroff, F., Kalenichenko, D., & Philbin, J. (2015). FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering. *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2015.7298682>
- Serengil, S. I., & Ozpinar, A. (2020). LightFace: A Hybrid Deep Face Recognition Framework. *2020 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU)*. <https://doi.org/10.1109/ASYU50717.2020.9259802>
- Serengil, S. I., & Ozpinar, A. (2021). HyperExtended LightFace: A Facial Attribute Analysis Framework. *2021 International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET)*. <https://doi.org/10.1109/ICEET53442.2021.9659697>
- Sharma, S., Shanmugasundaram, K., & Ramasamy, S. K. (2016). FAREC — CNN based efficient face recognition technique using Dlib. *2016 International Conference on*

Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCCT). <https://doi.org/10.1109/ICACCCT.2016.7831628>

- Shetty, A. B., Bhoomika, Deeksha, Rebeiro, J., & Ramyashree. (2021). Facial recognition using Haar cascade and LBP classifiers. *Global Transitions Proceedings*, 2(2), 330-335. <https://doi.org/10.1016/j.gltp.2021.08.044>
- Shrestha, S. K., & Furqan, F. (2020). IoT for Smart Learning/Education. *2020 5th International Conference on Innovative Technologies in Intelligent Systems and Industrial Applications (CITISIA)*. <https://doi.org/10.1109/CITISIA50690.2020.9371774>
- Tahan, M. (2019). Artificial Intelligence applications and psychology: An overview. *Neuropsychopharmacologia Hungarica*, 21(3), 8.
- Talan, T. (2021). Artificial Intelligence in Education: A Bibliometric Study. *International Journal of Research in Education and Science*, 7(3), 822-837. <https://doi.org/10.46328/ijres.2409>
- Tarik, A., Aissa, H., & Yousef, F. (2021). Artificial Intelligence and Machine Learning to Predict Student Performance during the COVID-19. *Procedia Computer Science*, 184, 835-840. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.03.104>
- Tautz, D., Sprenger, D. A., & Schwaninger, A. (2021). Evaluation of four digital tools and their perceived impact on active learning, repetition and feedback in a large university class. *Computers & Education*, 175, 104338. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104338>
- von Davier, A. A., Deonovic, B., Yudelson, M., Polyak, S. T., & Woo, A. (2019). Computational Psychometrics Approach to Holistic Learning and Assessment Systems. *Frontiers in Education*, 4. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/educ.2019.00069>
- Wang, G., Yin, J., Hossain, M. S., & Muhammad, G. (2021). Incentive mechanism for collaborative distributed learning in Artificial Intelligence of Things. *Future Generation Computer Systems*, 125, 376-384. <https://doi.org/10.1016/j.future.2021.06.015>
- Wang, M., & Deng, W. (2021). Deep Face Recognition: A Survey. *Neurocomputing, ScienceDirect*, 429, 215-244. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2020.10.081>
- Xu, J. J., & Babaian, T. (2021). Artificial intelligence in business curriculum: The pedagogy and learning outcomes. *The International Journal of Management Education*, 19(3), 100550. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2021.100550>
- Yang, L., Li, Z., Ma, S., & Yang, X. (2022). Artificial intelligence image recognition based on 5G deep learning edge algorithm of Digestive endoscopy on medical construction. *Alexandria Engineering Journal*, 61(3), 1852-1863. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.07.007>
- Yee Chung, J. W., Fuk So, H. C., Tak Choi, M. M., Man Yan, V. C., & Shing Wong, T. K. (2021). Artificial Intelligence in education: Using heart rate variability (HRV) as a biomarker to assess emotions objectively. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100011. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100011>