



RECONOCIMIENTO FACIAL BASADO EN TÉCNICAS MACHINE LEARNING

FACIAL RECOGNITION BASED ON MACHINE LEARNING TECHNIQUES

- **Manuela Andrea Dussan Pinzón,**
Corporación Tecnológica Industrial Colombiana, Ingeniera de
Sistemas, 1233904021@teinco.edu.co

RESUMEN

El machine learning es un método de análisis de datos que automatiza el reconocimiento humano por medio de modelos analíticos; hoy en día es muy importante ya que gracias a estas técnicas ha sido posible que las máquinas creen algoritmos que les facilita identificar varios factores humanos, tales como los sentimientos, la voz y los gestos faciales.

Debido a esto surge la interrogante ¿qué tan eficaces son las técnicas machine learning?, se pretende dar una respuesta a través de una revisión bibliográfica de cincuenta fuentes las cuales serán analizadas en el desarrollo de este artículo y se identificarán las diferentes ramas basadas en las técnicas machine learning.

PALABRAS CLAVE

Machine learning, inteligencia artificial, reconocimiento.

ABSTRACT

Machine learning is a data analysis method that automates human recognition through analytical models; Nowadays it is very important since thanks to these techniques it has been possible for machines to create algorithms that make it easier for them to identify various human factors, such as feelings, voice and facial gestures.

Due to this, the question arises of how effective are machine learning techniques? It is intended to give an answer through a bibliographic review of fifty sources which will be analyzed in the development of this article and the different branches based on machine learning techniques.

KEYWORDS

Machine learning, artificial intelligence, recognition.

INTRODUCCIÓN

Se dice que el Machine Learning “es un área de la inteligencia artificial que engloba un conjunto de técnicas que hacen posible el aprendizaje automático a través del entrenamiento con grandes volúmenes de datos” (Russo, 2016) . Luego de muchas investigaciones se deducen que hoy en día existen diferentes modelos que utilizan esta técnica y consiguen una precisión incluso superior a la de los humanos en las mismas tareas, por ejemplo, en el reconocimiento de objetos en una imagen.

Sin embargo, la construcción de modelos de Machine Learning requiere adaptaciones propias debido a la naturaleza de los datos o a la problemática a la que se aplica. Así, surge la necesidad de investigar las diferentes técnicas que permitan obtener resultados precisos y confiables en un tiempo razonable (Russo, 2016), cabe aclarar que actualmente el rastreo de imágenes es de gran importancia para diversos campos tales como biología, estudios sociales, educación, seguridad, entre otros; Actualmente se han realizado este tipo de estudios asociados sobre diversos campos como la vigilancia, la navegación de vehículos, los deportes, manejo de tráfico, seguridad, entre otros (Santos, 2020).

Se conoce que el machine learning se encarga de generar algoritmos que tienen la capacidad suficiente de aprender y no tener que programarlos de manera explícita. Lo único que se realiza como desarrollador es “alimentar el algoritmo con un volumen gigantesco de datos para que el algoritmo aprenda y sepa qué hacer en cada uno de estos casos” (Sandoval Serrano, 2018).

“Actualmente podemos ver que hemos entrado en una nueva era de información en la que las compañías conocen de antemano nuestras preferencias y de acuerdo con nuestro comportamiento en la red” (Sandoval Serrano, 2018) . Todo este conocimiento es proporcionado gracias a la Ciencia de Datos mediante la técnica del Machine Learning ya que usan nuestra información para la generación de marketing con mayor seguridad de aceptación con los productos.

Como se puede evidenciar el machine learning puede ser aplicado en múltiples tareas de interés, en la bibliografía se presentan múltiples casos de éxito en ramas diversas del conocimiento, algunos ejemplos de esto son Análisis de señales de audio, redes de comunicación y la educación.

“En el caso del análisis de la señal de audio es un campo complejo donde las técnicas de Machine Learning (Aprendizaje Automático) han demostrado su eficacia” (Álvarez Trejos, 2020) Y “en el ámbito de las redes de comunicación, una anomalía puede ser definida como una variación repentina del comportamiento habitual. Esto incluye tanto eventos fortuitos y bien intencionados, como ataques deliberados pensados para comprometer la disponibilidad de la red” (Estévez Pereira, 2020). El uso de técnicas de aprendizaje automático para propósitos educativos (o minería de datos educativos) es un campo emergente destinado a desarrollar métodos para explorar datos de entornos educativos computacionales y descubrir patrones significativos (Kotsiantis, 2012).

El objetivo principal de este artículo es evaluar los distintos métodos de reconocimiento mediante las técnicas de machine learning, identificar qué tan eficaz es el reconocimiento de las mismas y cómo se realiza su implementación de acuerdo a la tarea de interés. Cabe destacar que este documento es un artículo de revisión en el que se abordaron cincuenta (50) fuentes las cuales tienen un rango de fecha desde el 2012 en adelante y fueron analizadas a través de las siguientes categorías: Machine Learning y la medicina, Machine Learning y el reconocimiento de objetos en una imagen y el machine Learning y las redes de comunicación.

METODOLOGÍA

Se realizó un proceso para la revisión y análisis de la investigación o artículo y la selección se estructuró basándose en los siguientes criterios:

- i. Se utilizó la siguiente combinación de palabras clave: “Machine Learning”
- ii. que los proyectos investigados se hubieran publicado durante el rango de 2012 en adelante y
- iii. se investigó acerca del Machine Learning en Google Académico y la plataforma de E-libro.

Se realizó la búsqueda de información con las palabras claves, de manera que el motor de búsqueda estuviera en la capacidad de encontrar información de relevancia, se realiza la selección de los artículos y son almacenados en una base de datos de Excel.

A partir de la base de datos de 50 investigaciones, entre ellas trabajos de grado, artículos científicos y revistas se realizó la selección de información teniendo presente el Machine Learning en diferentes áreas.

En el Excel que contiene la base de datos se contemplaron las siguientes columnas Número, Autor, Título, Año, Ubicación, Resumen, Palabras Clave, Área y Cita; A continuación como se muestra en Table I, se explicará la importancia que tiene para la investigación la selección de las columnas.

Tabla 1. Explicación datos de base de datos excel

Columna	Descripción
Número	El cual es una secuencia que nos va indicando cuantas fuentes tenemos en nuestra base de datos de Excel.
Autor (es)	Quienes elaboraron la investigación o el artículo encontrado.
Título	Hace referencia al nombre de la investigación o artículo que se obtuvo, este debió cumplir con la relevancia del tema que se requería.
Año	Se basa en el año de publicación de la investigación o artículo, el cual se debe basar en un rango en donde la investigación más antigua es de 2016 hasta investigaciones del año presente (2021).
Ubicación	Es el lugar de origen de la publicación de la investigación o artículo
Palabras Clave	Hacen referencia a las palabras que nos ayudaron a encontrar con más facilidad el artículo adecuado que permitió obtener conclusiones y explicaciones técnicas del Machine Learning.
Área	En base a las investigaciones y artículos encontrados se validó que el Machine Learning se emplea en diferentes áreas las cuales se mostrarán en esta sección.
Cita	Está compuesta por una citación en normas APA además estará acompañado por la dirección del navegador para la consulta posterior del artículo que esté en mención.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se desarrolló una última fase de análisis con la bibliografía encontrada. Fueron identificadas las temáticas reportadas en los resúmenes y cuerpos de los textos. Se identificaron cuatro categorías principales (i) Área de medicina, (ii) Reconocimiento de objetos en imágenes, (iii) Redes de comunicación y por último (iiii) Machine learning y sistema de recomendación.

MACHINE LEARNING Y LA MEDICINA

El Machine Learning “posee el potencial de mejorar los sistemas de salud, mediante el análisis de millones de datos clínicos se logran crear modelos pronósticos, de tamizaje y diagnósticos”. (Vega, 2020) . Sin embargo se reconoce que la medicina es uno de los campos del conocimiento que más podrían beneficiarse de una interacción cercana con la computación y las matemáticas, mediante la cual se optimizarían procesos complejos e imperfectos como el diagnóstico diferencial. (Lugo-Reyes, 2014). De acuerdo a lo anterior cabe destacar que el machine Learning se ocupa de construir y estudiar los sistemas a partir de un conjunto de datos de adiestramiento y de mejorar procesos de clasificación y predicción.

Sin embargo, reconociendo lo evidente que es el uso de métodos algorítmicos puede mejorar la calidad de los sistemas de salud y la vida de los pacientes, aún es necesario un adecuado proceso de validación para la implementación de estas tecnologías” (Vega, 2020). Actualmente la ciencia médica maneja grandes cantidades de información “técnicas avanzadas de Machine Learning (ml) como árboles de decisión, máquinas de soporte vectorial y regresión logística pueden ser utilizadas para descubrir patrones ocultos en los datos” (De la Hoz Manotas, 2013).

En la rama de la electrocardiografía ambulatoria (AECG) que registra el ECG mientras el paciente realiza actividades de la vida real. Permite el estudio de fenómenos transitorios y casos de eventos arrítmicos fatales, incluida la muerte súbita cardíaca. Sin embargo, el ruido y los artefactos pueden dañar la señal AECG, lo que degrada la información de diagnóstico subyacente. Esta investigación se centra en el desarrollo de nuevos métodos basados en el aprendizaje automático (Machine Learning) para mejorar el procesamiento de la señal AECG. Los nuevos algoritmos utilizan tensores y descomposiciones de tensores para tratar directamente con grabaciones AECG de múltiples derivaciones. Este enfoque es eficaz y ahorra tiempo de formación, ya que solo se forma un clasificador para cada registro. Además, se obtuvieron altos rendimientos considerando solo pequeños conjuntos de entrenamiento (Suárez León, 2018).

En la medicina el aprendizaje automático ha sido empleado para hacer diagnósticos clínicos, predecir la eficacia de tratamientos novedosos y para la toma de decisiones médicas derivadas de la identificación de patrones. Aunque, estos métodos han sido poco usados en aplicaciones médicas reales (Cleophas, 2013), recientemente el interés de trabajar con estas herramientas ha incrementado, por ejemplo, para mejorar la observación de progresión de la enfermedad, la predicción de la enfermedad, la autogestión del paciente y la intervención clínica (Ahamed, 2018). La seguridad del paciente, se confiará cada vez más en el aprendizaje automático que en los humanos, ya que estos sistemas pueden monitorear permanentemente, con el mismo rendimiento y en tiempo real los datos a diferencia del humano. Y aunado a esto, debido a que en estudios recientes se han reportado con frecuencia diagnósticos erróneos por parte de los médicos, es necesario que el aprendizaje automático ayude a mejorar la precisión de los diagnósticos (Obermeyer, 2016).

Cabedestacar que el aprendizaje automático generalmente comienza con el sistema de algoritmos de aprendizaje automático que calcula las características de la imagen que se cree que son importantes para realizar la predicción o el diagnóstico de interés. El sistema de algoritmos de aprendizaje automático identifica la mejor combinación de estas características de imagen para clasificar la imagen o calcular alguna métrica para la región de imagen dada (Erickson, 2017).

Una de las enfermedades que afectan severamente la salud en todo el mundo es la diabetes mellitus (DM, por sus siglas en inglés), la cual se define como un grupo de desórdenes metabólicos que afectan la salud humana. El diagnóstico, la etiopatofisiología, la terapia, entre otras tareas relacionadas a la diabetes generan gran cantidad de datos, lo que las hace susceptibles para desarrollar sistemas de Aprendizaje Automático. En esta área las técnicas como SVM se han utilizado exitosamente en: predicción y diagnóstico, determinación del ambiente genético, cuidado y manejo de la salud (Kavakiotis, 2017). Mientras que los Modelos de regresión de soporte vectorial para monitorear los niveles de glucosa en la sangre y determinar los niveles de insulina (Plis, 2014).

Los investigadores de la Universidad de Stanford han entrenado un algoritmo para diagnosticar el cáncer de piel mediante el aprendizaje profundo, específicamente las redes neuronales convolucionales profundas (CNN). El algoritmo se entrenó para detectar cáncer de piel o melanoma utilizando "130.000 imágenes de lesiones cutáneas que representan más de 2.000 enfermedades diferentes" (Kubota, 2017).

Es decir que los algoritmos del Machine Learning en la medicina funcionan a través de una recolección de datos, en estos casos de imágenes diagnósticas, con las que se hacen varias comparaciones para así poder dar certificación de un diagnóstico clínico.

MACHINE LEARNING Y EL RECONOCIMIENTO DE OBJETOS EN UNA IMAGEN

El desarrollo de modelos de clasificación de imágenes de redes neuronales a menudo requiere una ingeniería de arquitectura significativa (Zoph, 2018). Para realizar el reconocimiento de objetos es necesario aprender representaciones de los componentes de las imágenes. Dichos componentes corresponden a objetos, partes de objetos o características. La factorización matricial no negativa es un modelo generativo que se ha propuesto específicamente para encontrar tales representaciones significativas de datos de imagen, mediante el uso de restricciones de no negatividad en los factores (Spratling, 2006).

Se ha demostrado que el aprendizaje profundo con una red neuronal convolucional (CNN) es muy eficaz en la extracción de características y la representación de imágenes (Zhang, 2017). Por ejemplo, las imágenes de aves de diferentes especies pueden tener patrones de forma similares en sus picos, colas, pies o cuerpos. La similitud suele ser parte de la forma global y puede ser

observado en imágenes de aves de diferentes especies y en diferentes poses (Yang, 2012). Estos sistemas comúnmente recurren a cámaras CCD (dispositivo de carga acoplada) fijas y ubicadas en un área de trabajo particular o conectadas directamente al brazo robótico, (sistema de visión ojo en mano). Aunque es un enfoque válido, el rendimiento de estos sistemas de visión está directamente influenciado por la iluminación del entorno industrial (Pinto, 2013).

Sin embargo detectar objetos con textura deficiente y estimar su pose 3D de manera confiable sigue siendo un problema muy desafiante (Wohlhart, 2015).

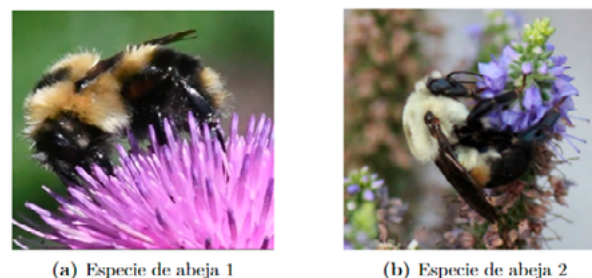
Cabe destacar que la inteligencia artificial es muy importante en la rama de la informática, sin embargo, en la clasificación automática de los maware se han realizado diversas investigaciones según el análisis estático y dinámico, para esto se realiza la recolección de datos mediante imágenes para la evaluación del mismo. "El valor de la identificación automatizada es claro, ya que la ingeniería de características es una tarea que requiere mucho tiempo y es sensible al tiempo, y el nuevo malware se estudia mientras se observa en la naturaleza" (Kosmidis, 2017).

En el aprendizaje automático y aprendizaje profundo se emplea la evaluación de la red neuronal convolucional (CNN) y la red de creencias profundas (DBN), las cuales dan una tasa de precisión de datos. "La tasa de precisión de clasificación de CNN y DBN en la base de datos MNIST es 99,28% y 98,12% respectivamente, y en la base de datos de caracteres manuscritos del mundo real es 92,91% y 91,66% respectivamente" (Wu, 2015).

Se reconoce que durante los últimos años el aprendizaje automático ha probado ser exitosa en tareas de reconocimiento de imágenes y grabaciones de voz (Méndez, 2014), la implementación de Machine Learning en el Diagnóstico por Imágenes pone un especial foco en la eficacia y eficiencia obtenida (Leivi, 2019).

La implementación del machine learning y el reconocimiento de imágenes trabaja en varias áreas, sin embargo, se basa en una muy importante que es la fauna y la flora. "Las especies que comparten las mismas categorías taxonómicas se parecen más entre sí, y en algunos casos, solamente se pueden distinguir a partir de algún pequeño detalle" (Pérez Esteve, 2020).

Figura 1. Similitud de especies



(a) Especie de abeja 1

(b) Especie de abeja 2

Fuente: iNaturalist_reconocimiento_de_imagenes_de_fauna_y_flora_Perez_Esteve_Ferran.pdf

Tomando en cuenta como ejemplo la Figure 1 Similitud de especies. Estas dos especies de abejas se pueden confundir fácilmente ya que son muy similares, sin embargo, con la ayuda del machine learning el cual tiene un conjunto de datos nos ayudaría a identificar cual es la especie de cada abeja.

MACHINE LEARNING Y LAS REDES DE COMUNICACIÓN

Se conoce al Machine Learning como un recopilador de datos que ayuda a tener una mejor precisión al momento de la toma de decisiones de una persona, aquí hablamos de las redes de comunicación donde el machine learning es bastante importante ya que gracias a las mismas él logra tomar un conjunto de datos los cuales ayudará a que la persona que visita su red social consiga exactamente lo que desea.

Las nuevas tendencias de marketing para las empresas están marcando el uso de las redes sociales como medio para comunicar acciones corporativas, debido principalmente, a su gran potencial para establecer relaciones con los clientes a través de estas (SAURA, 2018). Describimos las técnicas y métodos emergentes asociados y analizamos las oportunidades que para la comunicación política representan estas innovaciones (Arcila-Calderón, 2017). Aunque se reconoce que “Con la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, el marketing de segmento de uno será posible” (Siau, 2017), ya que las compras y servicio virtual se hará únicamente por medio de IA y de la robótica.

En la actualidad reconocemos que los jóvenes expresan su vida mediante las redes sociales, “Twitter se caracteriza por ser una red social que genera gran cantidad de datos y mensajes que pueden ser vinculados a un evento en directo en cualquier parte del mundo. Existen diferentes audiencias y pueden ser segmentadas por la ubicación geográfica o recopiladas en torno a un hashtag” (SAURA, 2018), por lo que gracias a esa información el machine learning se encarga de recopilar cada dato ingresado en esta red social, así proporcionando mejor información al momento de ser consultada o requerida para una toma de decisión.

La cantidad de información que generan las sociedades modernas está en continuo crecimiento (Valle Contreras, 2018), por lo mismo es importante el tema a tratar en ellas, en este caso se trata de la política que tocan las personas en las redes sociales, de acuerdo a una investigación “se ha llevado a cabo una recolecta de tweets de cuentas oficiales de los cuatro partidos políticos más importantes de España (Partido Popular, Partido Socialista Obrero Español, Ciudadanos y Podemos), con estos tweets se han entrenado distintos modelos, para ver cuál es más acertado, siendo el elegido Naive Bayes con distribución de Bernoulli” (Medel), ya que fue el más acertado y se pudo verificar que Partido puede ser el elegido de acuerdo a los tweets publicados.

El machine learning y su relación con las redes sociales abarcan varias ramas, como ya vimos establece el marketing y la política, ahora hablaremos de la red de

comunicación Facebook, ya que esta desde el 2011 implemento con ayuda de machine learning un ajuste el cual no permitía contenido malicioso donde un sistema de detección basado en procesos de descubrimiento de patrones sobre los volúmenes de datos (Rivero, 2017) recopilaría patrones de datos y así llegaría a predecir contenido malicioso.

Por otro lado, se conoce que Facebook aprovecha una amplia variedad de algoritmos de aprendizaje automático, incluidas máquinas de vectores de soporte, arboles de decisión potenciados por gradientes y muchos estilos de redes neuronales (Hazelwood, 2018) los cuales le ayuda al usuario en el momento en el que le sugieren una amistad, las publicaciones de interés o productos que se deseen comprar.

En conclusión, el machine learning siempre estará empleado en las redes de comunicación, ayudándonos a escoger nuestros productos para comprarlos, ver publicaciones a nuestro agrado e incluso a hacer amigos que tienen cosas en común con nosotros.

MACHINE LEARNING Y SISTEMA DE RECOMENDACIÓN

Estos sistemas aplican técnicas de filtrado de información que facilitan el acceso de los usuarios a la información que necesitan (Peis, 2008) Los cuales son muy usados para usos comerciales.

Una rama que se ve reflejada en el sistema de recomendación es la venta de libros, ya que es implementada para la recomendación de libros en jóvenes “Según la forma de predecir los intereses del usuario, los algoritmos pueden agruparse en tres familias: filtrado colaborativo, basados en contenido” (Ibarra-Báez, 2019), basados en esto se evalúa el algoritmo y el gusto del usuario para así validar la recomendación que será ofrecida al usuario para su libro.

Otra de sus ramas es la agricultura la cual se evalúa en diferentes niveles los cuales se clasifican “nivel mundial, latinoamericano y local en donde se entregan un conjunto de buenas prácticas” (Campo Martinez, 2021) por el cual se evalúan con el machine learning y se logra identificar el tipo de sistema de recomendación adecuado que se debe implementar.

Los sistemas de recomendación “realizan sugerencias y facilitan información acerca de los ítems disponibles en el sistema” (Pinho Lucas, 2010) es decir que el sistema analiza y procesa información de usuarios teniendo en cuenta su edad y sus gustos en productos y contenidos y lo transforma en conocimiento razonable para predecir qué producto puede ser de su interés más adelante.

“En los últimos años, plataformas en streaming como Netflix se han popularizado a nivel mundial con gran rapidez” (Domínguez Samamés, 2020) Esto ha sido gracias al sistema de recomendación que él ofrece, ya que evaluando al usuario que está logueado en la cuenta, se validan su gusto en las vistas que tiene, así mismo va escogiendo qué series, películas o documentales son

llamativos para el usuario y son las recomendadas que tiene en su cuenta. “Este sistema promete ser eficiente no solo para conservar a sus usuarios actuales, sino también para llamar la atención de nuevos posibles usuarios” (Domínguez Samamés, 2020).

De acuerdo a lo anterior se evalúan otros sistemas de recomendaciones en venta comercial, los cuales generalmente se basan en una técnica fundamental del Machine Learning “el algoritmo XGBoost de Machine Learning, que es reconocido por elaborar soluciones sobre proyecciones de ventas para tiendas y tener técnicas de optimización de datos que le permite procesarlos diez veces más rápido que otras soluciones de Machine Learning” (Apestegui Inocente, 2020).

Los sistemas de recomendación son beneficiosos tanto para los proveedores de servicios como para los usuarios (Pu P, 2011) ya que han demostrado que mejora la calidad en la toma de decisiones. Como por ejemplo “Amazon utiliza algoritmos de diversificación de temas para mejorar su recomendación” (Ziegler, 2005) y por otro lado Ringo es un sistema de filtrado de información social en línea que utiliza el filtrado colaborativo para crear perfiles de usuarios basados en sus calificaciones en álbumes de música (Chen, 2008).

El sistema de recomendación cuenta con una fase de recopilación de información la cual recopila información relevante de los usuarios para generar un perfil de usuario o modelo para las tareas de predicción, La precisión de la recomendación depende de la cantidad de calificaciones proporcionadas por el usuario (Buder, 2012). Además el sistema de recomendación se creó principalmente “como un medio para ayudar y aumentar el proceso social de utilizar las recomendaciones de otros para tomar decisiones” (Lü, 2012).

“Recientemente, se han desarrollado varios enfoques para construir sistemas de recomendación, que pueden utilizar filtrado colaborativo, filtrado basado en contenido o filtrado híbrido” (Jung, 2004). Es decir que cuando se recomiendan documentos como páginas web, publicaciones y noticias, la técnica de filtrado (CBF) basada en contenido es la más exitosa. Además la técnica CBF también puede proporcionar explicaciones sobre cómo se generan las recomendaciones para los usuarios (Adomavicius, 2005). Cabe recalcar que “Las técnicas de filtrado basadas en contenido normalmente basan sus predicciones en la información del usuario” (Min, 2005), resaltando que Los sistemas de recomendación han demostrado mejorar la calidad y el proceso de toma de decisiones (Pathak, 2010).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados mencionados anteriormente se concluye que el machine learning está presente en muchos factores de la vida cotidiana, el machine learning como bien se sabe captura una cantidad de datos para así hallar respuesta a diferentes áreas de interés que se presenten, es por esto que es muy importante tener claridad de los datos que se ingresan a cualquier área, sea médica, comunicación social, estudiantil, laboral, etc.

Adicionalmente se aprecia que el machine learning ofrece resultados con menos errores que los que presentaría una persona, ya que trabaja los algoritmos con árboles de precisión los cuales certifican el resultado.

La revisión sistemática verificada resume la información extraída de 50 artículos publicados durante 2000 al 2021 sobre el machine learning y su eficacia en resultados en sus diferentes áreas de interés, enunciaremos las principales conclusiones:

- El machine learning se ha estudiado desde años atrás y poco a poco ha mejorado su estudio y precisión de acuerdo a la cantidad de datos que obtenga para realizar sus algoritmos.
- Permite hacer uso eficiente de la información, de esta manera cumple con las necesidades que tenga la comunidad que lo implementa.
- Es un área de conocimiento constante de desarrollo y a medida que avanza la capacidad computacional se vuelve más precisa.
- Es una herramienta que gracias a sus múltiples algoritmos puede ser empleada en diferentes áreas.
- La herramienta machine learning es muy completa, llegó para quedarse y avanzar cada vez más. Es una herramienta cargada de información precisa y concreta, sin embargo, existen situaciones particulares donde se puede presentar sobreajuste (Overfitting) y esto puede ocasionar sesgos indeseados en algunas ramas del conocimiento, lo que puede traducirse en errores indeseados cuando las técnicas se aplican a toma de decisiones que involucran al factor humano.

Ejm:

- sistemas financieros
- sistemas médicos
- sistemas judiciales



REFERENCIAS

- Suárez León, A. A. Vázquez Seisdedos, C. R. (Dir.) y Huffel, S. V. (Dir.). (2018). Machine learning approaches for ambulatory electrocardiography signal processing. Editorial Universitaria.
- Erickson, B. J., Korfiatis, P., Akkus, Z., & Kline, T. L. (2017). Machine learning for medical imaging. *Radiographics*, 37(2), 505-515.
- Lugo-Reyes, S. O., Maldonado-Colín, G., & Murata, C. (2014). Inteligencia artificial para asistir el diagnóstico clínico en medicina. *Revista Alergia México*, 61(2), 110-120.
- Vega, M. Á., Mora, L. M. Q., & Badilla, M. V. C. (2020). Inteligencia artificial y aprendizaje automático en medicina. *Revista Médica Sinergia*, 5(8), e557-e557.
- Ahamed, F., & Farid, F. (2018, December). Applying internet of things and machine-learning for personalized healthcare: Issues and challenges. In 2018 International Conference on Machine Learning and Data Engineering (ICMLDE) (pp. 19-21). IEEE.
- Cleophas, T. J., Zwinderman, A. H., & Cleophas-Allers, H. I. (2013). *Machine learning in medicine (Vol. 9)*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Obermeyer, Z., & Emanuel, E. J. (2016). Predicting the future—big data, machine learning, and clinical medicine. *The New England journal of medicine*, 375(13), 1216.
- Plis, S. M., Hjelm, D. R., Salakhutdinov, R., Allen, E. A., Bockholt, H. J., Long, J. D., ... & Calhoun, V. D. (2014). Deep learning for neuroimaging: a validation study. *Frontiers in neuroscience*, 8, 229.
- Kavakiotis, I., Tsave, O., Salifoglou, A., Maglaveras, N., Vlahavas, I., & Chouvarda, I. (2017). Machine learning and data mining methods in diabetes research. *Computational and structural biotechnology journal*, 15, 104-116.
- Zoph, B., Vasudevan, V., Shlens, J., & Le, Q. V. (2018). Learning transferable architectures for scalable image recognition. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 8697-8710).
- Spratling, M. W., & Dayan, P. (2006). Learning Image Components for Object Recognition. *Journal of Machine Learning Research*, 7(5).
- Zhang, L., He, Z. y Liu, Y. (2017). Reconocimiento profundo de objetos en todos los dominios basado en una máquina de aprendizaje extrema adaptativa. *Neurocomputación*, 239, 194-203.
- Yang, S., Bo, L., Wang, J. y Shapiro, L. (2012). Aprendizaje de plantillas sin supervisión para un reconocimiento de objetos detallado. *Avances en los sistemas de procesamiento de información neuronal*, 25, 3122-3130.
- Pinto, A. M., Rocha, L. F., & Moreira, A. P. (2013). Object recognition using laser range finder and machine learning techniques. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 29(1), 12-22.
- Wohlhart, P. y Lepetit, V. (2015). Aprendizaje de descriptores para reconocimiento de objetos y estimación de pose 3D. En *Actas de la conferencia IEEE sobre visión por computadora y reconocimiento de patrones* (págs. 3109-3118).
- Kubota, T. (2017). Deep learning algorithm does as well as dermatologists in identifying skin cancer. Online, jan.
- Russo, C., Ramón, H. D., Alonso, N., Cicerchia, L. B., Esnaola, L., & Tessore, J. P. (2016). Tratamiento masivo de datos utilizando técnicas de Machine Learning. In *XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (Entre Ríos, Argentina)*.
- Santos, D., Dallos, L., & Gaona-García, P. A. (2020). Algoritmos de rastreo de movimiento utilizando técnicas de inteligencia artificial y machine learning. *Información tecnológica*, 31(3), 23-38.
- Sandoval Serrano, L. J. (2018). Algoritmos de aprendizaje automático para análisis y predicción de datos. *Revista Tecnológica*; no. 11.
- Álvarez Trejos, J. I. (2020). Segmentador de audio basado en técnicas de Machine Learning (Bachelor's thesis).
- Estévez Pereira, J. J. (2020). Detección de anomalías en la red empleando técnicas de machine learning.
- Kotsiantis, S. B. (2012). Use of machine learning techniques for educational proposes: a decision support system for forecasting students' grades. *Artificial Intelligence Review*, 37(4), 331-344.
- Kosmidis, K., & Kalloniatis, C. (2017, September). Machine learning and images for malware detection and classification. In *Proceedings of the 21st Pan-Hellenic Conference on Informatics* (pp. 1-6).
- Wu, M., & Chen, L. (2015, November). Image recognition based on deep learning. In *2015 Chinese Automation Congress (CAC)* (pp. 542-546). IEEE.



REFERENCIAS

- Un Análisis de Sentimiento en Twitter con Machine Learning: Identificando el sentimiento sobre las ofertas de# BlackFriday.
- Arcila-Calderón, C., Ortega-Mohedano, F., Jiménez-Amores, J., & Trullenque, S. (2017). Análisis supervisado de sentimientos políticos en español: clasificación en tiempo real de tweets basada en aprendizaje automático. *Profesional de la Información*, 26(5), 973-982.
- Valle Contreras, J. D. (2018). Herramienta de análisis y visualización de noticias basada en Machine Learning aplicado a Redes Sociales (Bachelor's thesis).
- Medel, B. L. ESTUDIO DE IDEOLOGÍA POLÍTICA EN REDES SOCIALES A TRAVÉS DE MACHINE LEARNING.
- Rivero, E. (2017). Detección de contenido malicioso mediante técnicas de Machine Learning en las redes sociales (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas.)
- Hazelwood, K., Bird, S., Brooks, D., Chintala, S., Diril, U., Dzhulgakov, D., ... & Wang, X. (2018, February). Applied machine learning at facebook: A datacenter infrastructure perspective. In *2018 IEEE International Symposium on High Performance Computer Architecture (HPCA)* (pp. 620-629). IEEE.
- Leivi, A. E. (2019). Análisis de la implementación de Machine Learning en el diagnóstico por imágenes.
- Méndez, P., & Ibarra, J. (2014). Implementación de una red neuronal de convolución para el reconocimiento de poses en imágenes de rostros. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 6(2).
- Pérez Esteve, F. (2020). Reconocimiento de imágenes de flora y fauna.
- Peis, E., Morales del Castillo, J. M., & Delgado López, J. A. (2008). Sistemas de Recomendación Semánticos. Un análisis del estado de la cuestión. *Hipertext. net*, (6).
- De la Hoz Manotas, A. K., Martínez-Palacio, U. J., & Mendoza-Palechor, F. E. (2013). Técnicas de ML en medicina cardiovascular. *Memorias*, 11(20), 41-46.
- Ibarra-Báez, L. D., Mota-Carrera, L. C., Rojas-López, V., & Sánchez-Acevedo, M. A. Sistema de Recomendación de Libros
- Campo Martinez, J. E., & Echeverry Camayo, J. C. (2021). Estudio de sistemas de recomendación para la agricultura y su aplicación en Colombia.
- Pinho Lucas, J. (2010). Métodos de clasificación basados en asociación aplicados a sistemas de recomendación.
- Domínguez Samamés, C. A. Machine Learning: Recomendaciones en base a los gustos y preferencias de los estudiantes de la UPC usuarios de Netflix.
- Apestegui Inocente, E. L., & Basilio Ordoñez, J. O. (2020). Sistema de recomendaciones para identificar a los mejores clientes potenciales en el proceso de alquiler de locales en un centro comercial.
- Siau, K., & Yang, Y. (2017, May). Impact of artificial intelligence, robotics, and machine learning on sales and marketing. In *Twelve Annual Midwest Association for Information Systems Conference (MWAIS 2017)* (pp. 18-19).
- Ziegler, C. N., McNeel, S. M., Konstan, J. A., & Lausen, G. (2005, May). Improving recommendation lists through topic diversification. In *Proceedings of the 14th international conference on World Wide Web* (pp. 22-32).
- Pu, P., Chen, L., & Hu, R. (2011, October). A user-centric evaluation framework for recommender systems. In *Proceedings of the fifth ACM conference on Recommender systems* (pp. 157-164).
- Buder, J., & Schwind, C. (2012). Learning with personalized recommender systems: A psychological view. *Computers in Human Behavior*, 28(1), 207-216.
- Adomavicius, G., & Tuzhilin, A. (2005). Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions. *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, 17(6), 734-749.
- Pathak, B., Garfinkel, R., Gopal, R. D., Venkatesan, R., & Yin, F. (2010). Empirical analysis of the impact of recommender systems on sales. *Journal of Management Information Systems*, 27(2), 159-188.
- Lü, L., Medo, M., Yeung, C. H., Zhang, Y. C., Zhang, Z. K., & Zhou, T. (2012). Recommender systems. *Physics reports*, 519(1), 1-49.
- Jung, KY y Lee, JH (2004). Minería de preferencias del usuario a través de filtrado colaborativo híbrido y filtrado basado en contenido en el sistema de recomendación. *Transacciones de IEICE sobre información y sistemas*, 87 (12), 2781-2790.
- Min, S. H., & Han, I. (2005). Detection of the customer time-variant pattern for improving recommender systems. *Expert Systems with Applications*, 28(2), 189-199.