

Neuronas de silicio

Introducción a la Inteligencia artificial

Imanol Miranda Martija

Escuela de ingeniería dual IMH

imiranda2.imh@gmail.com

Azkoitia, 31 de enero de 2021

Resumen

En este artículo se realizará una introducción a la inteligencia artificial explicando su origen, diferentes tipos, ejemplos actuales, aplicaciones y una reflexión final.

Palabras clave: Inteligencia artificial, origen, tipos y ejemplos.

1. Introducción

Este artículo intentará realizar una guía para la introducción de todo tipo de lector en el mundo de la inteligencia artificial (IA). Haremos un viaje desde los inicios hasta la actualidad, mencionando una línea de tiempo, las diferentes disciplinas que la conforman y viendo las luces y las sombras de la IA, que algunas veces son obviadas.

2. ¿Qué es la IA?

La IA es una rama de las ciencias de la computación que mediante algoritmos y programación es capaz de emular las acciones del ser humano. Si nos ceñimos al significado dado por la R.A.E a la IA, se podría definir como:

Disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico.

Pero diría que es mucho más que un programa informático que intenta emular las acciones realizadas por el humano, como el aprendizaje o el razonamiento. Quizás no hoy en día, pero en el futuro puede que sean capaces de pensar, sentir, ser... ¡Quién sabe!

3. Línea de tiempo de la IA

En este apartado, se explicará la línea de tiempo de la IA [1] marcado por los hitos más importantes.

Es difícil determinar cuándo comenzó la idea de raíz de la IA, dado que existen modelos matemáticos que definen redes neuronales sobre la década de los 40 y anteriormente existen ideas de máquinas automáticas, etc. Pero en el año 1950 Alan Turing propone una prueba, el Test Turing. Esta prueba sirve para poder determinar si una máquina es capaz de hacer creer a un humano que es humana. Si es así, entonces tendría inteligencia. Se puede decir que este hito es considerado por muchos como la mecha que prendió la llama (Figura 1).

En el año 1956 nace por primera vez el término inteligencia artificial durante la conferencia de Dartmouth, por el científico computacional John McCarthy que la definió como la ciencia e ingenio de hacer máquinas inteligentes.

A partir de 1961, se podría definir como la primera primavera de la IA. Ese mismo año nace el primer robot industrial llamado UNIMATE (Figura 2). Fue instalado en la cadena de montaje de General Motors reemplazando a humanos.

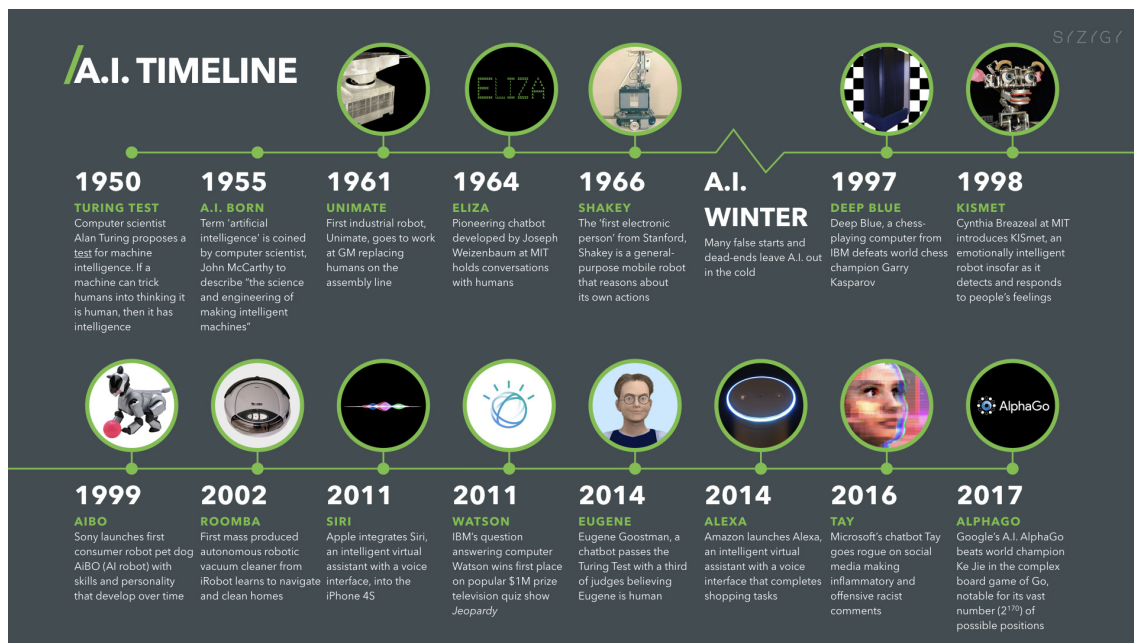


Figura 1: Línea de tiempo de la IA



Figura 2: UNIMATE

En 1964 nace ELIZA, el primer chatbot que era capaz de mantener conversaciones con humanos, fue desarrollado por Joseph Weizenbaum en el MIT.

Dos años más tarde, en 1966, vería la luz SHAKEY (Figura 3), la primera “persona electrónica” desarrollada por Stanford. SHAKEY es un robot móvil con razón de sus propias acciones.

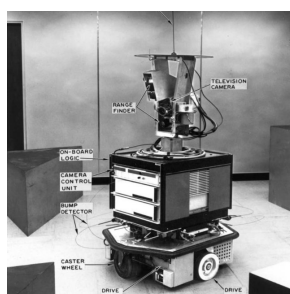


Figura 3: SHAKEY

Después de estos grandes hitos, llegaron momentos bajos para la IA debido a no lograr dar el salto al siguiente nivel. A esta época se la denomina el invierno de la IA, en la cual se seguía investigando, pero no con el impacto generado en años anteriores.

Hasta que en 1997 sale a luz DEEP BLUE, un ordenador creado por IBM capaz de vencer al campeón de ajedrez Garry Kasparov. A partir de este momento, el campo de la IA ha seguido avanzando con sus altibajos hacia un futuro prometedor.

En el año 1998 nace KISMET (Figura 4), un robot capaz de detectar y responder a las emociones reflejadas por humanos.



Figura 4: KISMET

En 1999 nace el primer robot mascota, AIBO (Figura 5), con forma de perro.



Figura 5: AIBO

En 2002 nace ROOMBA (Figura 6), la primera aspiradora autónoma capaz de navegar por casa, fabricada en masa por iRobot.



Figura 6: ROOMBA

En 2011 nace SIRI, el primer asistente inteligente virtual con detección de voz. Fabricado por APPLE. Ese mismo año, WATSON (Figura 7) un ordenador de IBM para responder a encuestas, gana un millón de dólares en el famoso programa de preguntas Jeopardy.

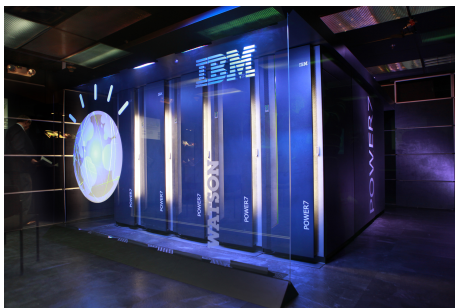


Figura 7: WATSON

En 2013 sale a luz Atlas (Figura 8), el primer robot bípedo de rescate presentado por Boston Dynamics.

En el año 2014, el chatbot EUGENE logra pasar el Test Turing haciendo creer a terceros que es humano. Ese mismo año sale a la luz ALEXA de AMAZON, que al igual que SIRI hace las funciones de una asistente inteligente virtual con interfaz de voz, pero con la capacidad de realizar compras.

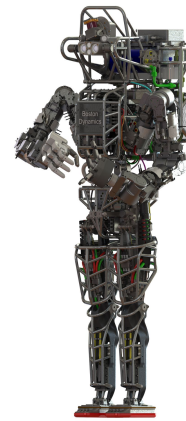


Figura 8: ATLAS

En el año 2016 salió a la luz el primer conflicto relacionado con la IA. TAY (Figura 9) el chatbot de Microsoft, empezó a realizar tweets ofensivos y racistas y Microsoft se vio obligado a apagarlo solo 16 horas después de haberlo lanzado. Microsoft atribuyó el incidente a ataques externos. Fue reemplazado por ZO.



Figura 9: TAY

En el año 2017, siguiendo los pasos de DEEP BLUE, la IA de Google ALPHAGO (Figura 10) vence al campeón Ke Jie en el juego GO. Ese mismo año sale a la luz Open AI Five, que al igual que sus predecesoras fue capaz de vencer al humano en este caso en el juego DOTA 2.

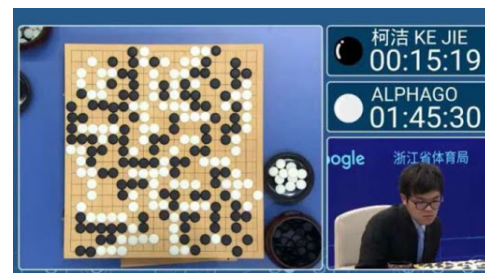


Figura 10: ALPHAGO

Actualmente la IA se encuentra integrada en nuestras vidas.

4. ¿Realmente está la IA integrada en nuestras vidas?

Vamos a verlo:

- **Detección de enfermedades:** La IA es capaz de detectar enfermedades en imágenes con una precisión igual a la de los mejores expertos. Existen casos en que es capaz de detectar una enfermedad en fases mucho más tempranas que las que detectaría un experto.
- **Motores de búsqueda:** Los motores de búsqueda aprenden de la gran cantidad de datos que proporcionan los usuarios para dar unos resultados más adecuados a la búsqueda.
- **Reconocimiento de cara y voz:** Smartphones.
- **Traductor:** Traducción instantánea tanto escrita como hablada.
- **Recomendaciones:** La IA se utiliza para crear recomendaciones personalizadas basadas en las búsquedas, compras anteriores, etc.
- **IA en videojuegos.**
- **Colorear imágenes.**
- **Descubrir fármacos:** Actualmente se utiliza la IA para predecir si un fármaco reaccionará de forma errónea al ser suministrado, así descartándolos antes de empezar con los test y ahorrando tiempo y dinero.
- **Conducción autónoma:** Vehículos capaces de dirigirse interactuando con el entorno e incluso tomando decisiones más rápido que las personas.

Como se puede observar, la IA ya está presente en nuestras vidas en mayor o menor medida. Por ejemplo, desde el momento en el que tenemos un smartphone.

5. Ramas de la IA

Existen diferentes clasificaciones [2] de las ramas pertenecientes a la IA. En este apartado se realizará una clasificación general (Figura 11).

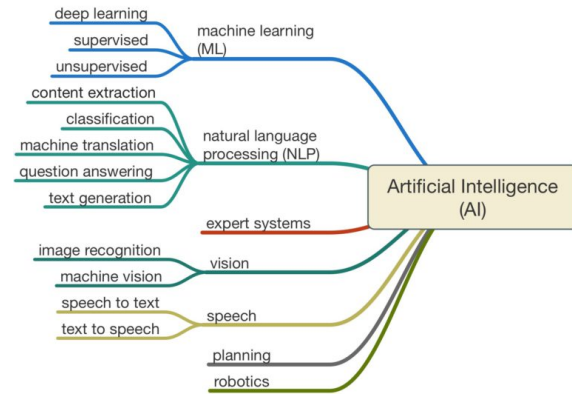


Figura 11: Ramas de la IA [2]

5.1. Aprendizaje automático o Machine learning (ML)

Se basa en dar la habilidad de aprender a las computadoras mediante algoritmos. Actualmente es la rama más investigada. Existen varios tipos de algoritmos de aprendizaje, pero los más utilizados son los siguientes tres:

5.1.1. Aprendizaje Supervisado [3]

Este algoritmo es el más popular para realizar operaciones de aprendizaje automático (Figura 12). Se usa en casos donde existe un mapeo preciso entre los datos de entrada y salida. Mediante unos datos de entrenamiento, se obtiene una función en la cual las variables se irán ajustando para lograr la mayor precisión posible. El conjunto de datos está etiquetado, lo que significa que el algoritmo identifica las características de forma explícita y realiza predicciones o clasificación en consecuencia. A medida que avanza el período de entrenamiento, el algoritmo es capaz de identificar las relaciones entre las dos variables de manera que podamos predecir un nuevo resultado.

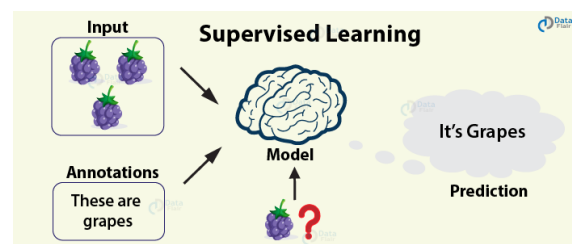


Figura 12: Aprendizaje supervisado [3]

Métodos de clasificación: Existen dos métodos principales [4].

1) Regresión: Tiene como objetivo predecir valores continuos a partir de datos históricos etiquetados. Se basa en las siguientes técnicas:

- Regresión Lineal Simple
- R. Lineal Múltiple
- R. Logística
- Redes Neuronales
- ANOVA
- MANOVA

2) Clasificación: Tiene como objetivo clasificar en grupos atendiendo a datos históricos etiquetados. Se basa en las siguientes técnicas:

- Cuantificador Bayesiano Ingenuo
- Análisis discriminante
- AdaBoost
- Árboles de Decisión
- Random Forest
- Bagging
- SVM

5.1.2. Aprendizaje no supervisado [3]

En el caso del algoritmo de aprendizaje no supervisado (Figura 13), los datos no se etiquetan explícitamente en diferentes clases, es decir, no hay etiquetas. El modelo puede aprender de los datos al encontrar patrones implícitos. Los algoritmos de aprendizaje no supervisado identifican los datos en función de sus densidades, estructuras, segmentos y otras características similares.

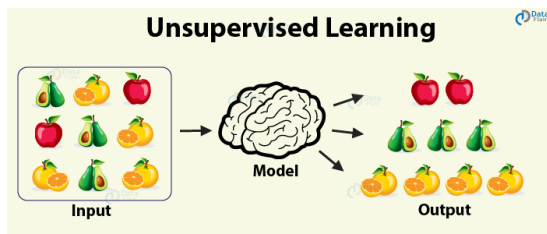


Figura 13: Aprendizaje no supervisado [3]

Métodos de clasificación: Existen dos métodos principales [4].

1) Análisis clúster: Esta técnica agrupa conjuntos de objetos similares en un mismo grupo diferenciándolo de los objetos de otro grupo. Se basa en las siguientes técnicas:

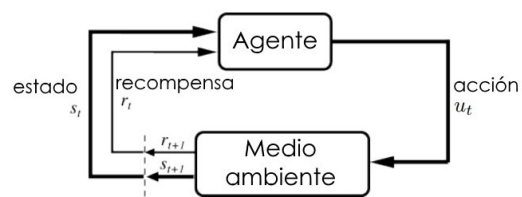
- Análisis de Correspondencias Simple y Múltiple
- Análisis Clúster Jerárquico y No Jerárquico

2) Reducción de dimensionalidad: Es la transformación de datos de un espacio de alta dimensión a un espacio de baja dimensión, de modo que la representación de baja dimensión conserva las propiedades más significativas de los datos originales, idealmente cerca de su dimensión intrínseca. Se basa en las siguientes técnicas:

- Análisis de componentes principales
- Análisis Factorial
- Escalamiento Multidimensional

5.1.3. Aprendizaje por refuerzo [3]

El aprendizaje por refuerzo (Figura 14) permite que las máquinas interactúen con su entorno dinámico para alcanzar sus objetivos. Con esto, las máquinas y los agentes pueden evaluar el comportamiento ideal en un contexto específico. Con la ayuda de esta retroalimentación de recompensa, los agentes pueden aprender el comportamiento y mejorarlo a largo plazo. Esta simple recompensa por retroalimentación se conoce como señal de refuerzo.



[Figure source: Sutton & Barto, 1998]

Figura 14: Aprendizaje reforzado [3]

5.1.4. Aprendizaje profundo o Deep Learning [5]

Actualmente existe una subrama dentro de ML que está cogiendo mucha fuerza, el aprendizaje profundo o Deep Learning (DL). Este método, se basa en el aprendizaje mediante redes neuronales profundas (Figura 15).

Las redes neuronales profundas son una forma de arquitectura computacional basada en el cerebro o redes neuronales biológicas humanas. Con ello se logra un sistema de aprendizaje mediante prueba y error, es decir aprender experimentando como los humanos.

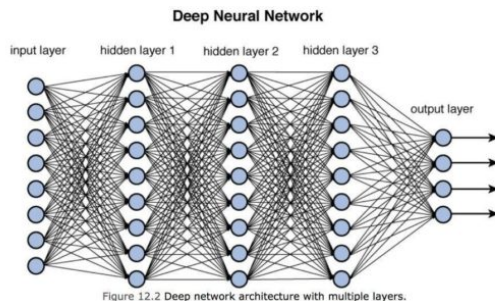


Figura 15: Red neuronal profunda [5]

A la hora de definir qué tipo de red neuronal profunda queremos utilizar, primero debemos definir si queremos clasificar o si estamos intentando buscar patrones. Después, dependiendo de la función que queremos llevar a cabo deberemos utilizar diferentes tipos de redes neuronales:

- **Para el procesamiento de texto y el análisis de sentimientos:** utilizamos una red recurrente (RNN) o red de tensor neuronal recursivo (RNTN).
- **Para cualquier modelo de lenguaje:** utilizaremos la RNN.
- **Para el reconocimiento de imágenes:** utilizaremos la red de creencias profundas (DBN) o red convolucional (CNN).
- **Para el reconocimiento de objetos:** utilizamos una RNTN o una CNN.
- **Para el reconocimiento de voz** utilizaremos una RNN.

Además de clasificar y encontrar patrones, las redes neuronales generativa antagónicas (GAN) son capaces de crear imágenes, música, etc.

¿Y que son todos esos tipos de redes neuronales?

- **Red neuronal recurrentes (RNN):** Son redes neuronales en las que los datos pueden fluir en cualquier dirección.
- **Red de tensor neuronal recursivo (RNTN) [6]:** Es un árbol binario con tres nodos: una raíz y dos hojas. Los nodos de la raíz y la hoja no son neuronas, sino que son grupos de neuronas.

- **Red de creencias profundas (DBN):** Se logra combinando una máquina de Boltzman e introduciendo un método de entrenamiento inteligente. Se podría decir que su funcionamiento sería ir ajustando la entrada completa en sucesión a medida que el modelo mejora lentamente como la lente de una cámara enfocando una imagen.
- **Red neuronal convolucional (CNN):** Son redes neuronales de múltiples capas. Pueden tener hasta 17 o más y asumen que los datos de entrada son imágenes. Las CNN reducen drásticamente la cantidad de parámetros que deben ajustarse. Por lo tanto, manejan de manera muy eficiente la alta dimensionalidad de las imágenes en bruto.
- **Redes generativas antagónicas (GAN):** Son redes neuronales profundas que comprenden dos redes, enfrentadas una con la otra. Son capaces de imitar cualquier distribución de datos.

5.2. Procesamiento de lenguajes naturales (PNL)[7]

Es el campo que analiza la interacción entre el lenguaje humano y las computadoras, en particular como programar dichas computadoras para analizar y procesar grandes cantidades de información de lenguaje natural. Ha seguido la siguiente evolución:

- **PNL simbólico (1950-1990):** La premisa del PNL simbólico está bien resumida en el experimento de la sala china de John Searle: dada una colección de reglas (por ejemplo, un libro de frases chinas, con preguntas y respuestas coincidentes), la computadora emula la comprensión del lenguaje natural (u otras tareas de PNL) aplicando esas reglas a los datos con los que se enfrenta. Pero realmente, no ha aprendido a hablar chino.
- **PNL estadístico (1990-2010):** Debido al gran avance en aprendizaje automático, se crearon algoritmos basados en ello para el procesamiento de lenguaje.
- **PNL neural (actualidad):** Actualmente se están basando en redes neuronales profundas para realizar el procesamiento del lenguaje.

5.3. Sistema experto [8]

Es un sistema informático que intenta emular el razonamiento humano de tal forma que lo haría un experto en un área de conocimiento concreta. Existen tres tipos de sistemas expertos principales:

- **RBR (Ruled Based Reasoning):** Se basan en reglas previamente definidas.
- **CBR (Cased Based Reasoning):** Se basan en casos. Solucionar nuevos problemas basándose en las soluciones de problemas anteriores.
- **Redes Bayesianas:** Son modelos grafo probabilísticos.

5.4. Visión artificial [9]

Es la ciencia que se encarga de adquirir, procesar, analizar y comprender las imágenes del mundo real con el fin de obtener información para posteriormente poder tratarla en un ordenador. Se puede aplicar a diferentes funciones: Reconocimiento de imágenes, machine vision, reconocimiento de patrones, recreación de escenas, etc.

5.5. Reconocimiento del habla [10]

Es la disciplina que se encarga de la comunicación entre el humano y la computadora. Son métodos que han avanzado mucho en los últimos años, pero aún tienen muchas carencias. Por ejemplo, si existe mucho ruido de fondo la IA no es capaz de percibir que es lo que está diciendo el humano. Las funciones principales son las de escribir a partir de lo que dice un humano o el camino inverso, leer lo que ha escrito. Ejemplos claros de esta disciplina son: Siri de Apple, Alexa de Amazon, Cortana de Microsoft y Google Assistant de Google.

5.6. Planificación, programación y optimización [11]

Es la disciplina que se encarga de determinar las acciones para lograr sus objetivos de la forma más óptima posible. Se basa en el elegir la secuencia de acciones con la probabilidad más alta de lograr el objetivo en un mejor tiempo.

5.7. Robótica [12]

Es la disciplina que se encarga de intentar emular las acciones humanas. Se ocupa de replicar cómo los humanos hacen las cosas. Desarrollan funciones sensomotoras complejas que

dan a las máquinas la capacidad de adaptarse a su entorno. Por ejemplo, los robots colaborativos o cobots, son robots que están programados para interactuar físicamente con humanos mientras desarrollan su trabajo.

6. ¿Cuáles son las ventajas de la IA?

Está claro que la IA nos ha aportado comodidades en nuestro día a día, pero más allá de eso, ¿cuáles son sus ventajas?

Mediante la IA se han logrado mejorar tiempos de procesos, análisis de datos, etc. Esto es debido a la capacidad de la IA de optimizar tiempos, realizar trabajos repetitivos y complejos, toma de decisiones más rápida y menor porcentaje de errores.

Por ejemplo, en el ámbito farmacéutico se están logrando reducir los tiempos que tarda en pasar un fármaco del laboratorio al mercado o ligado al mundo médico, la detección de enfermedades con mayor precocidad.

7. Pero no es oro todo lo que reluce

Actualmente, el principal problema de la IA es la denominada caja negra. Es decir, que no se sabe cuál es el porqué de la toma de decisiones. Esto en diversas decisiones crea problemas por ejemplo al denegar a alguien un préstamo o la libertad. En estos casos la IA toma una decisión, pero el humano no sabe el porqué, creando desconfianza y falta de transparencia. Relacionado con esto, la falta de sentido común, sentimientos y valores de la IA puede acarrear grandes problemas en el futuro.

Otro de los problemas de la IA, es la falta de capacidad para realizar multi tareas. Un claro ejemplo, es el de AlphaGo Zero, que sabiendo jugar al go aprendió a jugar al ajedrez y al shogi, pero para ello necesito una red neuronal separada para cada uno de los juegos. Es decir, tuvo que aprender cada juego desde cero siendo incapaz de aprovechar los parecidos entre dichos juegos. Otro de los problemas técnicos actuales es la cantidad de datos que necesitan algunas técnicas de IA, que dependiendo del sector en el que se quiera implantar puede que no se dispongan.

Y como no, el marketing. Como es común en esta época, los periodistas solo buscan titulares que sorprendan aunque lo que este contando sea mentira o no tenga ni pies ni cabeza. Como titulares que afirman que un ordenador ya es más inteligente que los humanos, hasta que la IA será la destrucción del humano. Todo con tal de vender.

Finalmente, mirando hacia el futuro, el mayor problema que plantea la IA es la destrucción masiva de empleo. Esto implica, que la gente con trabajos más manuales o con menor cualificación perderá su trabajo, con prácticamente ninguna posibilidad de encontrar otro.

8. Aplicaciones de la IA

8.1. Aplicación de la IA para mejorar la industria

Actualmente trabajo en una empresa que se dedica a la fabricación de rodamientos y coronas de orientación de grandes dimensiones. Para la verificación de los aros una vez estén templados, se realiza un proceso de ultrasonidos para la detección de grietas. Este proceso es crítico, dado que al ser el rodamiento un elemento crítico que sufre de fatiga es necesario tener el mayor control posible sobre las grietas.

Para ello, el técnico recorre toda la pieza en busca de alteraciones en la gráfica, con ello pudiendo hacer errores a la hora de cubrir toda el área de la pieza con el transductor y, por otro lado, realiza el análisis de la gráfica en el mismo momento que hace el barrido.

Mediante la aplicación de la IA podríamos solucionar los dos problemas. Por un lado, mediante el aprendizaje supervisado crearíamos un software capaz de detectar cambios en las gráficas de medición (grietas). Para ello, al algoritmo se le proporcionarían las gráficas guardadas en la base de datos con el fin de que pueda obtener una función que sea capaz de clasificar futuras gráficas. Una vez el algoritmo este ajustado, podría incluso llegar a detectar grietas tan pequeñas que ni el técnico especializado fuese capaz de llegar a imaginarse. Por otro lado, está el problema de la falta de control al realizar el barrido con el transductor a toda la pieza. Para ello, podríamos utilizar un brazo robótico que mediante visión artificial detectara el área del aro y con el recorrido realizado se podría controlar que toda el área fuera analizada.

Con esto, se podría asegurar que la pieza está cien por cien analizada y que no tiene ningún tipo de grieta pudiendo llegar a realizar una certificación oficial. Esto le daría un plus de calidad a la empresa y sería un adelanto que la diferenciaría respecto a las empresas competidoras de cara a los clientes.

8.2. Aplicación de la IA para mejorar la sociedad

Este último año, estoy trabajando en un proyecto personal (idea) con intención de mejorar la vida de la gente de mayor edad que vive sola. El proyecto se basa en realizar un asistente personal al igual que Amazon, Apple, etc., robótico o virtual y que su objetivo en vez de el de obtener información y vender, sea el de dar compañía a la gente que vive sola y a la vez fuese capaz de controlar el comportamiento y los signos vitales. Con esto, por un lado, se podría intentar mitigar la soledad que sienten las personas que viven solas, y por otro lado, existiría un control del estado de salud de dicha persona y en caso de que le ocurra algo, avisaría instantáneamente a la ambulancia pudiendo llegar a salvarle la vida.

Para realizar este proyecto, se debería de utilizar una mezcla de prácticamente todas las disciplinas que conforman la IA. Este proyecto debe ser capaz de:

1. Comunicarse.
2. Tener visión artificial para poder detectar cualquier cambio en el comportamiento de la persona. Poder detectar caídas, temblores, etc.
3. Debe ser capaz de analizar los datos que obtendrá tanto de forma hablada, como por la visión artificial o como los signos vitales de la persona.
4. Debe ser capaz de acompañar a la persona sin interferir con ella, para evitar caídas. Incluso dependiendo del diseño, podría ser un cobot capaz de ayudar a la persona a levantarse, comer, etc.

Sería algo bonito de hacer y que podría ser de ayuda, pero para poder llevarlo a cabo necesitaría más conocimientos y que la ciencia de la IA siga avanzando.

9. Actualidad y ¿futuro?

Actualmente, se podría decir que nos encontramos en una nueva primavera de la IA. Esta fiebre provocada por la IA parece que nos empuja a que sea el único futuro que nos espera. Todo es: tienes que estudiar IA, su crecimiento anual es de $x\%$, en menos de 10 años todo será IA, hay más puestos de trabajo que gente especializada... Y está claro que es una de las ramas más importantes para la investigación en los próximos años, pero también tiene sus sombras.

En mi opinión, se está intentado dar el salto sin todavía saber realmente lo que sucede. ¿Como podemos confiar en máquinas “inteligentes” tomando decisiones si no sabemos el porqué de esas decisiones? Vamos a intentar entender por qué y no buscar tanto ese resultado que nos ofrecerá beneficios. El seguir investigando sin llegar a saber el porqué, puede que traiga máquinas más inteligentes en un periodo de tiempo menor, pero también nos convertirá en humanos más tontos, ignorantes, inconscientes... Y visto que en el futuro lo que valdrá será nuestra inteligencia **¿estamos dispuesto a sacrificarla?**

Por otro lado, está el grave problema de la destrucción masiva de trabajo. En mi opinión, la IA solo debería de reemplazar el puesto de un trabajador en funciones y sectores vitales o en casos en los que el trabajo a realizar afecte a la salud. Por ejemplo, en una operación de vida o muerte si una máquina controlada por IA puede hacer la operación mejor o al manipular productos tóxicos, explosivos, etc. Para todo lo demás, la IA debería de ayudar, pero no reemplazar. Por ejemplo, ayudas a la conducción para evitar colisiones, análisis de datos, interpretar imágenes, prótesis, etc. Pero como vivimos en una sociedad que lo que importa es el dinero, me parece que vendrá una crisis social. Los empresarios, sobre todo multinacionales, reducirán la mano de obra humana lo máximo posible dado que la IA trabajará gratis, 24 horas al día y sin festivos ni bajas. Esto traerá que las clases sociales más altas se hagan más ricas mientras que las clases más bajas se hagan más pobres. Y entonces existirán solo dos posibilidades para el trabajador, o se rinde o lucha. Por ello, al igual que muchos científicos, opino que estamos en el momento idóneo para hacer unas bases sólidas sobre la IA y su uso.

Es verdad que la IA tiene un futuro prometedor, pero **¿estamos preparados para ello?**

Referencias

- [1] Artificial intelligence timeline.
<https://digitalwellbeing.org/artificial-intelligence-timeline-infographic-from-eliza-to-tay-and-beyond/>. [Consulta, 27 de enero de 2021].
- [2] The evolution of ia.
<https://mse238blog.stanford.edu/2017/08/jgokani/the-evolution-of-banking-ai/>. [Consulta, 27 de enero de 2021].
- [3] Learn types of machine learning algorithms with ultimate use cases.
<https://data-flair.training/blogs/types-of-machine-learning-algorithms/>. [Consulta, 28 de enero de 2021].
- [4] Aprendizaje supervisado y no supervisado.
<https://www.diegocalvo.es/aprendizaje-supervisado-y-no-supervisado/>. [Consulta, 28 de enero de 2021].
- [5] Redes neuronales profundas - tipos y características.
<https://www.codigofuente.org/redes-neuronales-profundas-tipos-caracteristicas/>. [Consulta, 30 de enero de 2021].
- [6] Recursive neural networks.
<https://nlpooverview.com/#5>. [Consulta, 30 de enero de 2021].
- [7] Natural language processing.
https://en.wikipedia.org/wiki/Natural_language_processing. [Consulta, 28 de enero de 2021].
- [8] Expert system.
https://en.wikipedia.org/wiki/Expert_system. [Consulta, 29 de enero de 2021].
- [9] Computer vision.
https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_vision. [Consulta, 29 de enero de 2021].
- [10] Speech recognition.
https://en.wikipedia.org/wiki/Speech_recognition. [Consulta, 29 de enero de 2021].
- [11] Automated planning and scheduling.
https://en.wikipedia.org/wiki/Automated_planning_and_scheduling. [Consulta, 29 de enero de 2021].
- [12] Cobot.
<https://en.wikipedia.org/wiki/Cobot>. [Consulta, 29 de enero de 2021].

Además de estas referencias, se han utilizado los artículos proporcionados en clase.