

MIGUEL SERRANO

IGNACIO PELETIER



EN QUÉ PIENSAN LOS ROBOTS

BIENVENIDOS A LA ERA DE
LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL:

TODO LO QUE CAMBIARÁ Y TODO
LO QUE PERMANECERÁ

LA GUÍA DEFINITIVA PARA ENTENDER LA DISRUPCIÓN QUE VIENE

DEUSTO

En qué piensan los robots

Bienvenidos a la era de la inteligencia artificial: todo lo que cambiará y todo lo que permanecerá

**MIGUEL SERRANO
IGNACIO PELETIER**



EDICIONES DEUSTO

La lectura abre horizontes, iguala oportunidades y construye una sociedad mejor. La propiedad intelectual es clave en la creación de contenidos culturales porque sostiene el ecosistema de quienes escriben y de nuestras librerías. Al comprar este libro estarás contribuyendo a mantener dicho ecosistema vivo y en crecimiento.

En **Grupo Planeta** agradecemos que nos ayudes a apoyar así la autonomía creativa de autoras y autores para que puedan continuar desempeñando su labor. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puede contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

© Miguel Serrano e Ignacio Peletier, 2024

© Centro de Libros PAFP, SLU., 2024

Deusto es un sello editorial de Centro de Libros PAFP, SLU.

Av. Diagonal, 662-664

08034 Barcelona

www.planetadelibros.com

Diseño de la colección: Sylvia Sans Bassat

Primera edición: septiembre de 2024

Depósito legal: B. 14.289-2024

ISBN: 978-84-234-3759-7

Composición: Realización Planeta

Impresión y encuadernación: Limpergraf, S. L.

Printed in Spain - Impreso en España



Sumario

Acerca de los autores	11
Introducción	15
1. Funcionamiento del cerebro humano	21
2. Modelos predictivos	27
La importancia del dato: captura, gestión e integridad	39
3. Tipos de algoritmos de IA	43
De sistemas de reglas a modelos de probabilidad	44
Tipos de aprendizaje	48
Algoritmos de predicción	59
Redes neuronales	67
4. Usos de la IA	95
La IA en el procesamiento del lenguaje natural	95
IA en <i>media</i>	106
Asistencia en el desarrollo de código	109
Predicción y optimización de tareas	115
Inteligencia artificial en la medicina	120
Robótica, drones y otros animales	127
5. Respuestas y preguntas éticas	131
El contexto económico	132
¿Qué nos depara la inteligencia artificial?	136
¿Podemos comprender la IA?	159
Decisiones subrogadas	162

Sesgo en decisiones	166
Futuro laboral	172
Privacidad	175
¿Hasta dónde estirar el precio?.....	177
Personalización de las experiencias de usuario	184
Manipulación de la opinión	192
Responsabilidad en la toma de decisiones autónoma	197
6. Futuro de la IA	201
Últimas notas	211
Bibliografía	213

Funcionamiento del cerebro humano

A lo largo de las últimas décadas, los investigadores han tratado de mejorar los sistemas autónomos de forma que éstos realicen tareas que conllevan cierta toma de decisiones. De forma intuitiva, han intentado que estas decisiones respondan a dos condiciones. Por un lado, que realmente sean decisiones no supervisadas por los humanos; es decir, que confiemos en que toman decisiones correctas. Y, por otro, que sean cada vez más acertadas porque vayan mejorando con el tiempo, de forma que la experiencia se vaya incorporando al modelo de decisión a través del aprendizaje. A lo largo de los siglos, los científicos se han fijado en la naturaleza para inspirarse. Un helicóptero es una suerte de libélula de metal gigante, cuyas aspas le permiten vencer la fuerza de la gravedad según un principio similar al que hace que ese insecto pueda volar y efectuar cambios de dirección a voluntad. Del mismo modo, George de Mestral inventó el velcro a principios del siglo xx a partir de sus observaciones de las semillas del cardo alpino, que se le pegaban a los pantalones y al pelaje de su perro gracias a unos ganchos microscópicos. Este sistema de gancho y bucle en tejidos se convirtió en el principio de diseño de este popular producto. Pues bien, si a la hora de inventar máquinas de transporte y materiales con propiedades interesantes (adherencia, impermeabilidad, resistencia, etc.) nos fijamos en la natura-

leza, ¿dónde vamos a mirar para sintetizar una máquina que observe, piense y tome decisiones?

El cerebro humano es, desde nuestra perspectiva, el mejor diseño que ha existido jamás para el aprendizaje, el recuerdo y la toma de decisiones. No es una cuestión de la arrogancia tan propia de nuestra especie, sino una conclusión inevitable a la vista de los logros conquistados. Es un mérito que, lejos de pertenecernos, debemos atribuir a varios millones de años de evolución natural. Sin entrar en un terreno puramente filosófico para intentar acotar la definición de inteligencia, podemos coincidir en que replicar —¿tal vez mejorar?— las capacidades de nuestro cerebro es la última frontera de la investigación de la inteligencia artificial.

Aunque no siempre los caminos que ha tomado la ingeniería se han basado en la naturaleza. La rueda, una de las invenciones más notables de los últimos 6.000 años, no está inspirada en ningún diseño natural que hayamos copiado, con permiso de los escarabajos peloteros. Es una invención propia y genuina del ser humano. Algunos modelos de inteligencia artificial (precisamente los que se cimientan sobre redes neuronales sintéticas) se basan en el comportamiento de nuestro cerebro y de la red celular de neuronas que lo componen. Pero esto no es así por puro afán de imitación. Se da la circunstancia de que la réplica sintética de redes neuronales es la que produce los mejores resultados. Veremos esto más adelante, pero para algunos expertos la programación de redes neuronales es más un arte que una ciencia, y en ocasiones no parece estar muy claro por qué funciona, pero la realidad es que funciona. También veremos que las redes neuronales no son la única aproximación técnica a la inteligencia artificial.

Existe un debate fascinante acerca de qué es la inteligencia artificial. Si acotamos este concepto a cualquier sistema que aprende y toma decisiones que se aproximan a la mejor solución de manera autónoma, las redes neuronales son una de las opciones posibles, pero no la única, desde luego.

Desde el punto de vista de la medicina, se puede decir que el aprendizaje es la manifestación de la puesta en práctica de la

memoria. Esta sencilla frase recoge un significado muy profundo, ya que la inteligencia, entendida como una mejora en las aptitudes basada en el aprendizaje, es dependiente del registro de información —memoria—, y de la aplicación eficiente de dicha memoria, es decir, de la experiencia.

El funcionamiento de la memoria empieza por la percepción de eventos, que genera una memoria a corto plazo. La parte del cerebro involucrada en esta primera fase es la corteza prefrontal y, en particular, el lóbulo frontal, aunque la retención temporal de memoria inmediata no es la única de sus funciones. Tanto el lóbulo frontal como otras áreas del cerebro —tales como el lóbulo parietal— desempeñan otras funciones cercanas a este proceso. Son tareas fundamentales para llevar a cabo con éxito la captura de memoria, e incluyen la planificación, la toma de decisiones, la atención y el procesamiento sensorial.

Tras esta captura a corto plazo, entra en juego el hipocampo. El hipocampo tiene una función en la transferencia de la memoria de corto a largo plazo, y desempeña un papel elemental en la formación y consolidación de los recuerdos que se formarán y enriquecerán la capacidad de decisión del individuo. Por último, la corteza cerebral es la responsable del almacenamiento y posterior recuperación de la memoria a largo plazo. Una vez que la información llega a la corteza cerebral y ésta se activa, se desencadena la consciencia.

Una de las cuestiones más fascinantes del cerebro humano es que los eventos percibidos, la memoria a corto plazo y los recuerdos a largo plazo no atraviesan de la misma forma este proceso. El cerebro otorga una ponderación a cada uno de los eventos que percibe. Unos serán relevantes y merecerán un sitio privilegiado en la memoria. Por ejemplo, casi todos recordamos el nacimiento de nuestros hijos, el primer amor o las iseis! veces que suspendimos el examen práctico de conducir porque son hechos relevantes en nuestras vidas. Otros son menos importantes porque no aportan información adicional. En un espectro opuesto, si una persona toma todos los días el mismo autobús de su casa a la universidad, es muy probable que no recuerde los detalles de todos los viajes. Esto sucede porque ese viaje se ha convertido en

una rutina y apenas añade información adicional que aporte valor experiencial.

Además de la selección de recuerdos útiles —para los que vale la pena emplear memoria— frente a no útiles —porque son rutina—, el cerebro mide emocionalmente cada evento. Esta ponderación emocional se desencadena durante la experiencia en sí a partir de la liberación de neurotransmisores u hormonas que proporcionan bienestar, dolor, excitación, cambios en la atención, etc.

Según las estadísticas, hay aproximadamente un 80 por ciento de los lectores de este libro a los que les gusta el chocolate. Es muy probable que usted no recuerde la primera vez que lo probó, porque seguramente era muy pequeño, pero le aseguro que su cerebro registró el evento como algo notable y agradable. A lo largo de las siguientes ocasiones en las que ha vuelto a comerlo, el cerebro ha ido reforzando esa asociación positiva entre ver chocolate, probarlo y experimentar un sabor delicioso. Su cerebro se ha pasado años entrenándose para desearlo. Habrá quien argumente que consumir mucho chocolate engorda o puede contribuir a desarrollar enfermedades como la diabetes (si es azucarado), por tanto nuestro cerebro debería aprender esta consecuencia y evitar ese deseo. La trampa aquí es que la recompensa inmediata del sabor es la que queda fijada en la memoria, mientras que las consecuencias potencialmente negativas a largo plazo no resultan obvias durante un atracón de Lacasitos. Por ese motivo, el cerebro, en su comportamiento espontáneo, nada puede hacer por ayudarnos a reprimir ese deseo. Solamente el sentido común y el acceso a la información desencadenan un proceso voluntario y consciente que evita que mantengamos una dieta a base de huevos Kinder. Conocer la consecuencia de una alimentación muy alta en azúcar no es en absoluto equivalente a aprender el sabor de los dulces por repetición de experiencias. De hecho, son dos manifestaciones distintas de la inteligencia y el aprendizaje que compiten entre ellas. Sin embargo, este debate, por otro lado, apasionante, queda fuera del ámbito de nuestra discusión.

Busquemos un ejemplo en el sentido contrario. Cuando nos quemamos con una cerilla o al tocar la puerta del horno, el dolor es intenso y desagradable, y además suele ser persistente. No

obstante, es muy probable que tampoco recordemos la primera vez que nos quemamos. Incluso es posible que ni siquiera recordemos si nos hemos quemado alguna vez. Pero no hace falta. Nuestro cerebro se ha encargado de guardar estos eventos, los pocos o muchos que haya habido, asociando a ellos una sensación negativa, de modo que no necesitamos recordar nada en particular para evitar meter la mano en el café hirviendo. Se puede dar el caso de alguien que nunca se haya quemado, pero cuyo aprendizaje por experiencias ajenas haya calado en su acervo cognitivo. Por mucho frío que haga durante una acampada, nunca se le ocurriría tirarse encima de la hoguera para entrar en calor. Y todo esto sucede así gracias a esta ponderación automática y no consciente que el cerebro hace por nosotros. Aunque no nos demos cuenta, él se encarga de utilizar el aprendizaje para reforzar conductas que nos producen placer, o para protegernos de situaciones desagradables o peligrosas.

La pregunta que nos ocupa ahora es *¿cómo hace el cerebro para etiquetar los eventos como memorables o no, positivos o negativos, estimulantes o relajantes y un sinfín de matices que costaría siquiera enumerar?* El cerebro humano tiene unos ochenta y seis mil millones de neuronas. Estas neuronas están conectadas entre ellas a través de unas ramificaciones llamadas axones que forman una especie de malla. Se estima que el número de conexiones o sinapsis es de unos cien millones de millones. Cada una de esas neuronas se comporta del siguiente modo:

1. La neurona recibe uno o más estímulos provenientes de un órgano sensorial o de otras neuronas.
2. Si la suma de todas las señales recibidas supera un umbral determinado, la neurona genera un impulso eléctrico que se transmite a través del axón.
3. Antes de llegar a la siguiente neurona, la señal eléctrica se transforma en una señal química capaz de liberar neurotransmisores.
4. La neurona receptora repetirá el ciclo, generando un nuevo impulso eléctrico solamente si la suma de los estímulos recibidos supera su propio umbral específico.

Esta secuencia encadenada de reacciones eléctricas depende de dos factores: la suma de los estímulos recibidos y el umbral propio de cada neurona. Este umbral viene definido por la ponderación que el cerebro hace de cada pensamiento consciente o inconsciente, y la diversidad de recuerdos o razonamientos viene numéricamente definida por cada uno de los diferentes trayectos concretos entre neuronas que se pueden establecer a partir de esos 100 billones de sinapsis. Esta ponderación de cada evento no es un proceso consciente, sino que se desencadena por la experiencia y las sensaciones que ésta provoca, y está gobernada por las hormonas y neurotransmisores concretos en cada caso. ¿Qué quiere decir por tanto que una neurona tenga una ponderación o un umbral concreto? Ni idea. Y lo curioso es que de momento ningún científico parece entender el sentido individual de un umbral neuronal concreto. Recordemos que el cerebro no es una máquina diseñada de forma deliberada, sino que es el resultado maravilloso de bastantes millones de años de evolución. De modo que mientras los seres humanos hacemos lo posible por entender su funcionamiento, lo realmente importante es que funciona. Ésta es otra de las sorprendentes similitudes entre la inteligencia natural y la que estamos sintetizando.

Este modelo es el que ha servido como inspiración para el desarrollo de la inteligencia artificial y, en particular, de las redes neuronales.