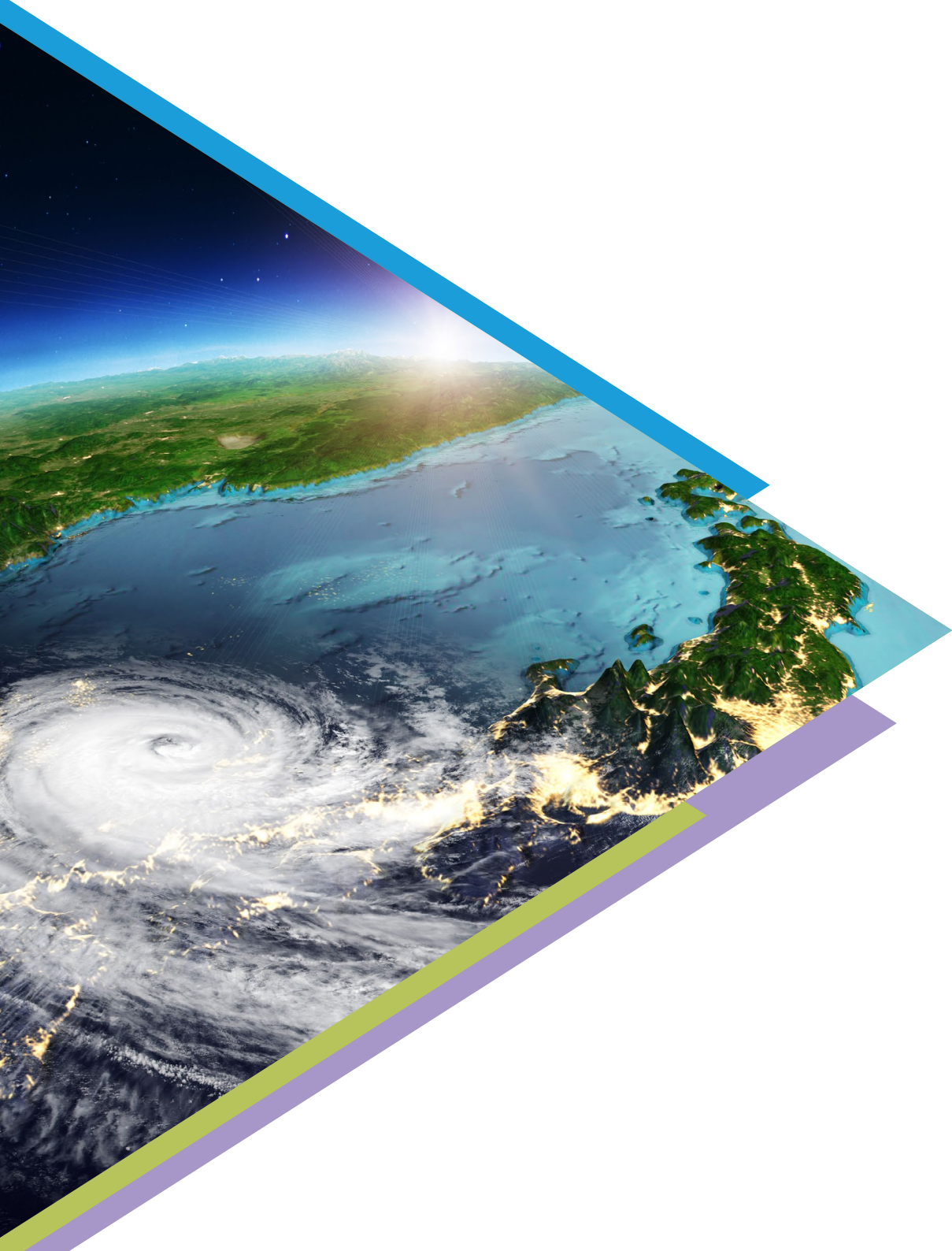




Future Matters



EL AVANCE DE LA IA:

Retos para los inversores en
el mundo post-coronavirus



Tu éxito, nuestra prioridad.

RESUMEN



- ▶ **La pandemia de la COVID-19 ha acelerado enormemente la adopción de la inteligencia artificial (IA).** Está obligando a las compañías a replantearse sus enfoques hacia la automatización inteligente, lo que está provocando una rápida expansión de las tecnologías basadas en la IA, desde los sectores de la tecnología e Internet hasta el resto de la economía. Las firmas que apuestan por una temprana adopción de la IA podrían obtener inmensas ventajas competitivas.



- ▶ **Si bien el «santo grial» de la «inteligencia artificial general» sigue siendo una lejana realidad, las aplicaciones prácticas de la IA en su forma actual revestirán una enorme importancia desde el punto de vista de la economía.** En la actualidad, la IA obtiene mejores resultados cuando lleva a cabo tareas limitadas y bien definidas para las que hay disponibles grandes cantidades de datos con los que entrenar de forma efectiva los algoritmos.



- ▶ **La IA impulsará la productividad económica dentro de tan solo tres o cinco años.** Los negocios están recurriendo a la IA para recortar costes, aumentar sus ingresos y facilitar la disrupción, aunque todavía se encuentra en sus primeras fases de desarrollo. Al igual que los ordenadores personales y otras tecnologías polivalentes o «de uso general», como la electricidad y el Internet, la IA se revelará una herramienta poderosa para crear valor económico.



- ▶ **Los gestores de carteras activos afrontarán el reto de identificar e invertir en «compañías superestrellas» que utilizan con éxito la IA para reforzar sus ventajas competitivas e imponerse en sus respectivos sectores.** Hoy en día, todos los sectores están adoptando la IA; la cuestión es cómo de rápido. Con el tiempo, afectará a muchos valores de una cartera de inversiones.



- ▶ **La IA creará «fosos económicos» extraordinarios, que permitirán a los negocios establecer y mantener sus ventajas competitivas.** Los líderes en la IA se beneficiarán de un círculo virtuoso: los avances en IA se traducen en mejores productos y servicios que atraen a un mayor número de usuarios, quienes proporcionan más datos, que nutren nuevos avances de la IA. Este circuito también ayuda a las compañías a captar los mejores profesionales e impulsar la rentabilidad, lo que alienta aún más la inversión en IA. Los líderes en la IA aumentarán sus rentabilidades del capital de forma notoria. En cambio, algunas compañías infravaloradas atravesarán dificultades para mantener sus modelos de negocio y podrían dejar de existir dentro de unos 10 años.



ÍNDICE

Una perspectiva de inversión

4. La COVID-19 «acelera enormemente» la adopción de la IA – entrevista con David M. Egan, Analista Sénior, Semiconductores y Director de Liderazgo de Pensamiento, Investigación de Columbia Threadneedle Investments.

10. Los ganadores se lo llevan todo en la revolución de la IA – entrevista con Neil Robson, Director de Renta Variable Mundial de Columbia Threadneedle Investments.

18. Aumentar, que no sustituir, la inteligencia de inversión humana – entrevista con James Waters, Científico de Datos Sénior de Columbia Threadneedle Investments.



David M. Egan, CFA®
Analista Sénior, Semiconductores y Director de Liderazgo de Pensamiento, Investigación



Neil Robson
Director de Renta Variable Mundial



James Waters
Científico de Datos Sénior

Una perspectiva empresarial

24. Por qué la IA creará nuevos líderes empresariales – entrevista con Anand Rao, Responsable de IA Global de PwC.



Anand Rao
Responsable de IA Global de PwC

Una perspectiva académica

32. Los avances, el enorme potencial y las indiscutibles limitaciones de la IA – entrevista con el catedrático Dr. David Barber, Director del Centro de Inteligencia Artificial del University College London (UCL) y miembro del Turing Institute.

40. Caso de estudio: La IA impulsa la difusión de la robótica inteligente, y define sus límites – entrevista con el Dr. Ali Shafti, Investigador Asociado Sénior en Robótica e IA en el Laboratorio del Cerebro y el Comportamiento del Imperial College London.

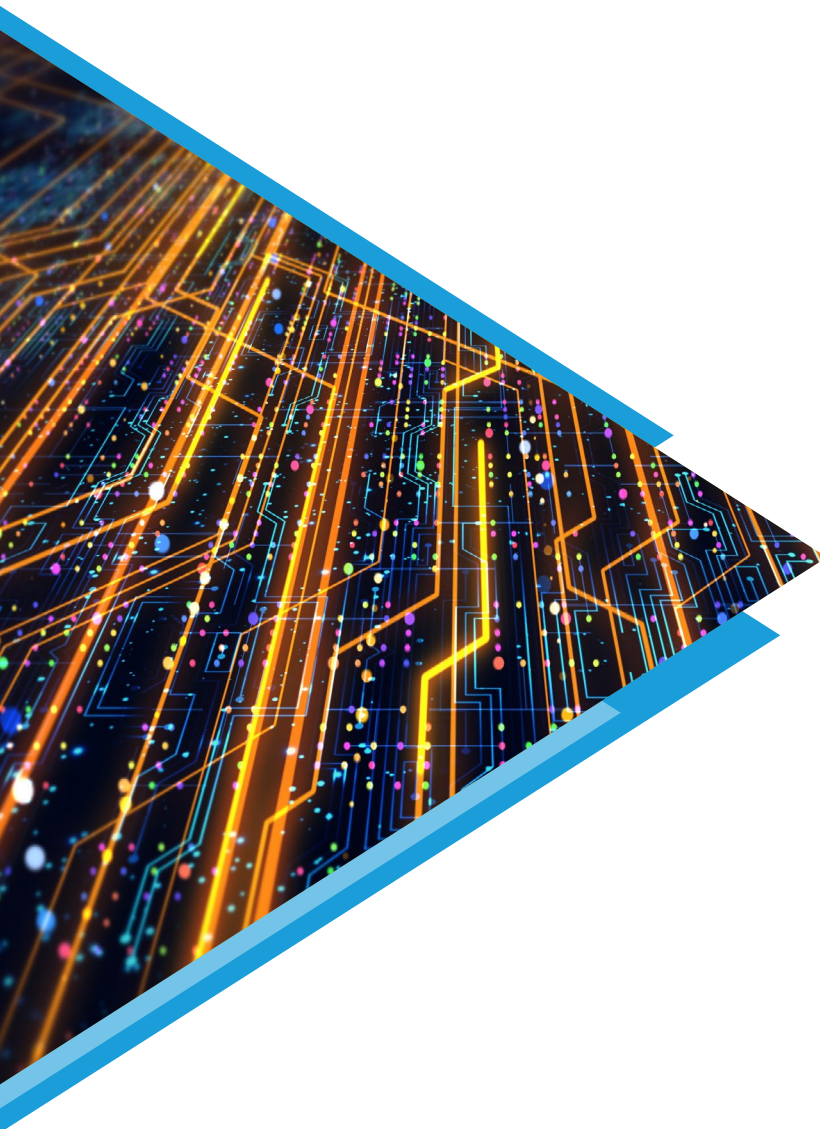


Catedrático David Barber
Director del Centro de Inteligencia Artificial del UCL



Dr. Ali Shafti
Investigador Asociado Sénior en Robótica e IA en el Laboratorio del Cerebro y el Comportamiento del Imperial College London





Una perspectiva de inversión:

LA COVID-19 «ACELERA ENORMEMENTE» LA ADOPCIÓN DE LA IA

La pandemia ha obligado a las compañías a replantearse sus enfoques hacia la automatización inteligente, lo que está provocando una acelerada expansión de las tecnologías basadas en la IA, desde los sectores de la tecnología e Internet hasta el resto de la economía. Las firmas que apuestan por una temprana adopción de la IA podrían obtener enormes ventajas competitivas, según David M. Egan, Analista Sénior, Semiconductores y Director de Liderazgo de Pensamiento, Investigación de Columbia Threadneedle Investments.

LECTURA RÁPIDA

- ▶ En la atención sanitaria y otros sectores, las tecnologías relacionadas con la IA han recibido un «ascenso en el campo de batalla», ya que la crisis ha precipitado el ritmo de la innovación y la adaptación.
- ▶ Las compañías que apresuran el paso para adoptar las innovaciones tecnológicas, como la IA y la automatización inteligente, aventajan en términos de productividad y crecimiento a las firmas que se mueven con mayor lentitud, creando así una brecha que rápidamente se torna inexpugnable.
- ▶ Esto viene a recordarnos lo vivido en la década de 1990, cuando los primeros en adoptar los robots industriales prosperaron y ampliaron sus plantillas en más de un 50% en los 18 siguientes años, a medida que la mayor productividad se traducía en un aumento de la cuota de mercado. En cambio, los que no adoptaron dichas tecnologías tuvieron que prescindir de un 20% de los puestos de trabajo.¹



¹ Fuente: «Robots and firms», VOX CEPR Policy Portal, 1 de julio de 2019. <https://voxeu.org/article/robots-and-firms>.



David M. Egan, CFA®

Analista Sénior, Semiconductores y Director de Liderazgo de Pensamiento, Investigación

Incluso antes del estallido de la pandemia de la COVID-19 a principios de 2020, la inteligencia artificial (IA) y las técnicas informáticas conexas ya se estaban expandiendo más allá de sus ejes principales (las compañías tecnológicas y de Internet) hacia otros sectores industriales. No obstante, la crisis de la COVID-19 ha impulsado una «enorme aceleración» de la tendencia hacia la automatización inteligente, según afirma David M. Egan, Analista Sénior, Semiconductores de Columbia Threadneedle Investments.

En algunos casos, esta aceleración guarda relación directa con la lucha contra el virus. Egan cita algunos ejemplos, como el Hospital Royal Bolton en el norte de Inglaterra, que procedió a la introducción urgente de un sistema basado en IA para clasificar el enorme flujo de pacientes con sospecha de infección por COVID-19. El algoritmo buscaba en las radiografías de tórax señales de infección pulmonar por coronavirus, lo que permitía al personal sanitario identificar a los pacientes

más necesitados. Del mismo modo, y conforme la crisis escalaba, los investigadores que buscaban posibles terapias con fármacos recurrieron a las técnicas de procesamiento paralelo de elevada intensidad computacional que son fundamentales en la IA. Esto les permitió examinar el enorme corpus de investigaciones publicadas e identificar los medicamentos candidatos más prometedores.

La COVID-19 ofrece a la IA un «ascenso en el campo de batalla»

Egan afirma que, en la atención sanitaria y otros sectores, las tecnologías relacionadas con la IA han recibido un «ascenso en el campo de batalla», ya que la crisis ha precipitado el ritmo de la innovación y la adopción, disipando así las dudas acerca de si había llegado el momento de experimentar con nuevas técnicas. En numerosos sectores, desde la logística hasta los servicios financieros, pasando por la gestión de instalaciones, las compañías están acelerando la adopción de la automatización inteligente.

El impulso inmediato podría deberse a la lucha contra los efectos de la pandemia de la COVID-19 en sus actividades empresariales, pero estas son inversiones que las compañías habrían acabado por realizar en algún momento (la aparición de la COVID-19 simplemente situó dichas inversiones al principio de la lista de prioridades). En consecuencia, la adopción de la tecnología, la IA y la ciencia de datos ocupará un lugar cada vez más preponderante conforme las compañías que antes no otorgaban prioridad a la «revolución digital» reexaminan el impacto potencial en sus negocios.

Según Egan, en determinados casos, como los hospitales que batallan contra la COVID-19, las herramientas de IA que demuestran su valía después de haberse implementado por la vía rápida, en condiciones de crisis con una finalidad específica, se difundirán a lo largo y ancho de la organización a medida que se atenúa la crisis y se identifican nuevos casos de uso. «¿Las van a desechar? No, dirán “Hemos probado esto y



La crisis de la Covid-19 ha provocado una “aceleración masiva” de la tendencia hacia la automatización inteligente »





Existe una cuestión exencial sobre si las empresas quieren prosperar y triunfar o fracasar »»

funciona muy bien. Comprobemos qué otros usos le podemos dar”. La atención sanitaria se ha beneficiado directamente de la acelerada adopción de la IA, aunque Egan comenta que también ha observado un repentino interés por la robótica entre las compañías que necesitan responder a la menor productividad derivada de los requisitos de distanciamiento social en los almacenes. «Ahora solo nos acercamos a la fase de “levantar y colocar”, en la que el robot puede utilizar los sensores para levantar cosas y colocarlas en otro lugar de manera automática», afirma.

Antes de la crisis, los robots empezaron a utilizarse para coger y mover paquetes en los almacenes, pero la COVID-19 está acelerando la adopción de forma notoria. Aunque esta tendencia hacia la automatización no experimenta todavía el mismo impulso en las fábricas, donde la fase de producción más complicada plantea numerosos desafíos, ya se observa un cambio en el tratamiento de los productos acabados.

Una rápida adopción ofrece ventajas innegables

La experiencia de anteriores oleadas de adopción tecnológica pone de relieve los efectos que podría tener una acelerada adopción de la IA y tecnologías conexas.

Los datos recopilados en España en la Encuesta sobre Estrategias Empresariales, una encuesta anual dirigida a unos 1.900 fabricantes, muestran la imponente ventaja competitiva que consiguieron las primeras entidades en adoptar los robots industriales tradicionales. Las compañías que instalaron robots entre 1990 y 1998 prosperaron y ampliaron sus plantillas en más de un 50% en los 18 siguientes años (de 1998 a 2016), a medida que la mayor productividad se traducían en un aumento de la cuota de mercado. En cambio, los que no adoptaron dichas tecnologías tuvieron que prescindir de un 20% de los puestos de trabajo.¹

Según Egan, «se trata de una cuestión existencial, es decir, si las compañías desean prosperar y tener éxito o fracasar». Egan apunta al estudio realizado por los consultores de Accenture, Paul Daugherty y James Wilson, publicado en *MIT Sloan Management Review*, en el que analizaron 8.300 compañías de 20 sectores diferentes.² Daugherty y Wilson comentan: «Descubrimos que el primer 10% de estas compañías (clasificadas en función de sus niveles de adopción de tecnología, penetración de tecnología y cambios organizativos) registran unos niveles de crecimiento de los ingresos que duplican los de las compañías del último 25%, además de aumentar sus ingresos a un ritmo un 50% más acelerado que el 20% intermedio de las compañías. En las fases cruciales de la evolución de los sistemas, el 10% de las firmas que toman la iniciativa con audacia eligen las opciones de tecnología más exigentes, pero también las más gratificantes, que suelen estar disponibles. Por el contrario, las firmas rezagadas no obtienen el

¹ «Robots and firms», VOX CEPR Policy Portal, 1 de julio de 2019. <https://voxeu.org/article/robots-and-firms>.

² <https://sloanreview.mit.edu/article/how-leading-organizations-are-getting-the-most-value-from-it/> La presentación que explica su investigación establece un marco que describe cómo las compañías pueden desplazarse hacia arriba en la curva de adopción tecnológica. Egan considera que este marco también es relevante para los inversores cuando evalúan las compañías. Véase: https://www.accenture.com/_acnmedia/Thought-Leadership-Assets/PDF-2/Accenture-Legacy-or-Legend-PDF-Report.pdf



pleno valor de sus inversiones en nuevas tecnologías porque adoptan decisiones defendibles, pero deficientes, que inhiben su capacidad para compartir y ampliar la innovación tecnológica en todas sus unidades de negocio y en todos sus procesos».

Egan apunta: «La ventaja de crecimiento se multiplica cada año: se trata de una conclusión demoledora, puesto que la curva compuesta es exponencial. La gente no piensa mucho en funciones exponenciales y no entiende la magnitud de la diferencia. Existe algo fundamentalmente diferente en este asunto que las personas no logran comprender: las grandes compañías tecnológicas, que en su opinión están sobrealvaloradas, pueden aumentar la escala de sus negocios hasta un nivel que nunca antes habían visto y, además, pueden hacerlo con unos flujos de caja libre y unos márgenes increíblemente elevados».

Egan señala que, en diciembre de 2020, las cinco compañías tecnológicas más grandes de Estados Unidos (Alphabet, Amazon, Apple, Facebook y Microsoft) representaban el 18,8% de la capitalización de mercado del índice Russell 1000. En 2020, tan solo dos sectores (las tecnologías de la información y la atención sanitaria) acaparaban el 28% de los ingresos del índice Russell 1000, el 32% de EBITDA, el 55% de los flujos de caja libre y el 41% de la capitalización de mercado del índice.

Su conclusión es clara: las compañías que apresuran el paso para adoptar las innovaciones tecnológicas, como la IA y la automatización inteligente, aventajan en términos de productividad y crecimiento a las firmas que se mueven con mayor lentitud, creando así una brecha que rápidamente se torna inexpugnable.

Los efectos de esta tendencia ya son obvios en el sector tecnológico estadounidense. Ahora bien, conforme las tecnologías relacionadas con la IA

se expanden hacia un mayor abanico de sectores (por ejemplo, la automatización de la toma de decisiones para la concesión de préstamos en los servicios financieros), Egan prevé una divergencia similar en las tasas de crecimiento y las rentabilidades entre los líderes y el resto. La pandemia de la COVID-19 ha provocado la aceleración de la adopción de esas tecnologías y, por lo tanto, el aumento de la presión sobre los inversores que tratan de identificar las compañías mejor posicionadas para beneficiarse de la situación.

«Las compañías rezagadas que piensan que todavía hay que probar aquí y allá, tendrán problemas. Puede que no atraviesen dificultades mañana, pero lo harán en 5, 10 o 20 años, puesto que el retraso será abismal. La escala que se obtiene con la tecnología y la IA permite influir decisivamente en lo que ocurre en la economía.

«La intensidad tecnológica de la economía mundial tiende al alza y los enfoques computacionales acapararán



Las grandes compañías tecnológicas pueden ampliar sus negocios hasta una escala que no habíamos visto nunca antes »





Los vehículos autónomos, si algún día ven la luz, son el ejemplo supremo de la “computación en el borde” (*edge computing*) »

una mayor proporción de la producción económica», comenta Egan. «Con el tiempo, las compañías que se muestran más dispuestas a experimentar con estas tecnologías tienen más probabilidades de ganar control sobre la economía que otras».

Los fabricantes de herramientas para la IA

Esto plantea una pregunta evidente: ¿cuál es la mejor manera de invertir en esta tendencia? Los sectores de tecnología e Internet siguen situándose en el punto de mira de los inversores, aunque Egan también identifica oportunidades entre los fabricantes de herramientas para la IA.

Los mismos sensores visuales utilizados en las tiendas Amazon Go en lugar de cajas registradoras, por ejemplo, se utilizan en los vehículos automatizados y los robots. Las compañías que fabrican estos sensores registrarán una satisfactoria evolución. Del mismo modo, NVIDIA diseña las unidades de procesamiento gráfico (GPU, por sus

siglas en inglés) para el aprendizaje automático con las que Audi, Mercedes y Toyota están experimentando en sus vehículos sin conductor y que las compañías de atención sanitaria emplean, entre otras finalidades, para la detección precoz del cáncer. NVIDIA, con sede en Santa Clara (California), cuenta con una posición de liderazgo en el mercado de GPU, las cuales son, en realidad, el cerebro de las soluciones de IA.

Además del diseño de GPU, NVIDIA también ha desarrollado «NVIDIA Drive», una plataforma que permite a los fabricantes de coches crear sus propios algoritmos para vehículos automatizados. En la atención sanitaria, su plataforma permite a los radiólogos construir series de datos y crear algoritmos que formulan predicciones sobre el tipo de cirugía que los pacientes necesitan. La IA está perfectamente equipada para realizar un mejor diagnóstico temprano de una enfermedad, gracias a la enorme cantidad de datos disponibles.

No obstante, las complejidades en torno al tratamiento de determinados datos, como la información confidencial sobre salud, están espoleando la innovación en otros ámbitos, comenta Egan.

En algunos casos, los datos no se envían a la nube por razones de orden normativo, o porque el periodo de latencia necesario para enviar los datos a la nube es demasiado prolongado, sino que se procesan a nivel local o «en el borde» en la jerga informática. «Los vehículos autónomos, si algún día ven la luz, son el ejemplo supremo de la “computación en el borde” (*edge computing*)», comenta Egan. «No se puede garantizar que un vehículo esté siempre conectado a una nube centralizada; por eso se necesita la computación en el borde».

Egan afirma que un abanico de proveedores de servicios están intentando inventar un servicio externalizado y de tipo «en la nube» que esté disponible de forma remota, «en el borde», para usuarios como los hospitales que manejen datos confidenciales de



pacientes. Las innovaciones en este ámbito probablemente abrirán la puerta a otro ámbito de mayor crecimiento para los fabricantes de herramientas.

La pandemia plantea desafíos de datos para la IA

Si bien la pandemia de la COVID-19 ha acelerado la adopción de las tecnologías relacionadas con la IA en numerosos sectores, su irrupción también ha resaltado las limitaciones de la tecnología. El funcionamiento de la IA consiste en realizar predicciones en función de los patrones que detecta en las series de datos históricas. Si los patrones del comportamiento humano y la demanda de productos y servicios se alteran de manera fundamental, como ha sido el caso desde que empezaron a imponerse medidas de confinamiento en todo el mundo, entonces los datos históricos ya no resultan relevantes y las predicciones efectuadas a través de los sistemas de IA que se nutren de datos históricos dejan de ser aplicables.

«Esta es la situación que la pandemia ha traído para los sistemas que realizan predicciones sobre la cadena de suministro, sobre cuánto se necesita aquí o allí. En estos momentos, el sistema de la cadena de suministro recibe una serie de datos «anómala» y no sabe cómo reaccionar, porque nunca se había enfrentado a tal situación». Es precisamente en este punto cuando los sistemas automatizados deben verse reforzados o «aumentados» por la inteligencia humana, que es capaz de realizar juicios de valor basándose en algo más que datos históricos.

Aunque la crisis podría haber planteado desafíos a corto plazo para los sistemas de IA existentes (al no poder interpretar fácilmente patrones de datos que nunca antes habían visto), la COVID-19 acabará por ampliar la gama de información que puede utilizarse para entrenar los sistemas de IA y acelerará su expansión a todos los rincones de la economía.

Biografía de David M. Egan, CFA®

David Egan es Analista Sénior en Investigación Central de Columbia Threadneedle Investments y es responsable del sector de los semiconductores. Asimismo, dirige el esfuerzo de liderazgo de pensamiento del equipo.

Egan se incorporó a Columbia Threadneedle Investments en 2008. Con anterioridad, desempeñó el cargo de analista en Lehman Brothers, donde se ocupaba de los equipos de semiconductores. Previamente, trabajó en varias empresas emergentes de Internet y tecnología, como Lycos, en el área de la Bahía de San Francisco, California. Egan comenzó su carrera profesional en el ámbito actuarial, en la consultora de pensiones y prestaciones Watson Wyatt.

Egan forma parte de la comunidad inversora desde 2004. Se licenció en la Universidad Duke y cuenta con un máster en Finanzas de la Universidad del CEMA de Buenos Aires (Argentina) y un MBA de la Universidad de California, Berkeley. Asimismo, cuenta con el título de analista financiero acreditado (Chartered Financial Analyst®, CFA).





Una perspectiva de inversión:

LOS GANADORES SE LO LLEVAN TODO EN LA EVOLUCIÓN DE LA IA

Para los gestores activos, la inteligencia artificial promete una profunda transformación que afectará a muchas posiciones de sus carteras. Entrevista con Neil Robson, Director de Renta Variable Mundial de Columbia Threadneedle Investments.

LECTURA RÁPIDA

- ▶ Las «compañías superestrellas» que lograron sacar partido de la IA para obtener inmensas ventajas competitivas experimentarán un notorio crecimiento de la rentabilidad. En cambio, algunas compañías infravaloradas atravesarán dificultades para mantener sus modelos de negocio y podrían dejar de existir dentro de unos 10 años.
- ▶ El avance de la IA se acelerará en los próximos años y afectará a muchos valores de una cartera de inversiones.
- ▶ Una ventaja clave que la IA aportará en muchos sectores será la oportunidad de aumentar la eficiencia y productividad. Un aumento relativamente pequeño de la productividad podría traducirse en incrementos más sustanciales de la rentabilidad del capital invertido.
- ▶ Otros negocios aprovecharán la IA para acelerar el crecimiento de los ingresos mediante el desarrollo de nuevos productos y servicios, basándose en las opiniones formuladas a partir de los datos que poseen, generan o, en algunos casos, compran.
- ▶ La IA afianzará el dominio y la rentabilidad superior de unos cuantos líderes en importantes sectores económicos.





Neil Robson
Director de Renta Variable Mundial

En la rápida evolución de la IA, el ganador conseguirá, a buen seguro, la mayor cuota de mercado. Pensemos en Amazon, Google y Microsoft en el segmento de la informática en la nube, un tipo de infraestructura vital para la IA. Estas compañías dominan un sector que experimentará un rápido crecimiento conforme se acelera la adopción de la IA, y su escala es tan enorme que obstaculiza la competencia de los nuevos entrantes.

En la mayoría de los demás sectores, resulta más difícil identificar a los principales ganadores de la IA; aun así, su potencial es enorme. La IA tiene el poder de transformar la productividad y espolear los ingresos. En nuestra opinión, la adopción de la IA provocará efectivamente una mayor dispersión de los resultados para las compañías y sus accionistas, ya que las firmas exitosas multiplicarán sus ventajas competitivas con el paso del tiempo.

«Conforme se desarrolla la IA, los negocios con capacidad de adaptación tendrán más probabilidades de acelerar

esta tendencia (de divergencia de las rentabilidades) que de experimentar cualquier tipo de reversión a la media», afirma Neil Robson, Director de Renta Variable Mundial de Columbia Threadneedle Investments. «En términos de inversión de estilo “crecimiento” frente al estilo “valor”, el verdadero mensaje es que existe una transformación subyacente y muchas compañías experimentarán justo lo contrario, ya que sus modelos de negocio afrontarán enormes desafíos. Muchísimos títulos infravalorados (de estilo “valor”) lidian con significativos problemas, por lo que cabe preguntarse si, dentro de diez años, ¿existirán?».

En cuanto a las aplicaciones comerciales, la IA permanece en sus etapas iniciales: muchos «ganadores de la IA» todavía están por aparecer y algunos sectores que acabarán viéndose transformados por la IA siguen ampliamente intactos. No obstante, Robson cree que el avance de la IA se acelerará de forma significativa en los próximos años, y algunas de las dinámicas que caracterizarán este proceso ya son visibles.

Cambio de las reglas del juego en la productividad

Una ventaja clave que la IA aportará en muchos sectores será la oportunidad de aumentar la eficiencia y productividad: se recurrirá a la IA, en lugar de a personas, para tomar decisiones cruciales y en tiempo real. Ya existe una amplia literatura acerca del potencial de automatizar muchas tareas administrativas rutinarias en sectores como la banca. Sin embargo, Robson también destaca el potencial de la IA para transformar la eficiencia en entornos industriales con grandes necesidades de capital, donde sus efectos podrían ser significativos.

Cita como ejemplo las plantas de fabricación de semiconductores, que ya están sumamente automatizadas, aunque Intel ha sugerido que recurrir a la IA para el proceso de toma de decisiones podría desembocar en la plena automatización de la fabricación de chips, lo que redundaría en un incremento de la productividad del 2%-3%. «Un aumento de



El avance de la IA se acelerará de forma significativa en los próximos años, y algunas de las dinámicas que caracterizarán este proceso ya son visibles »

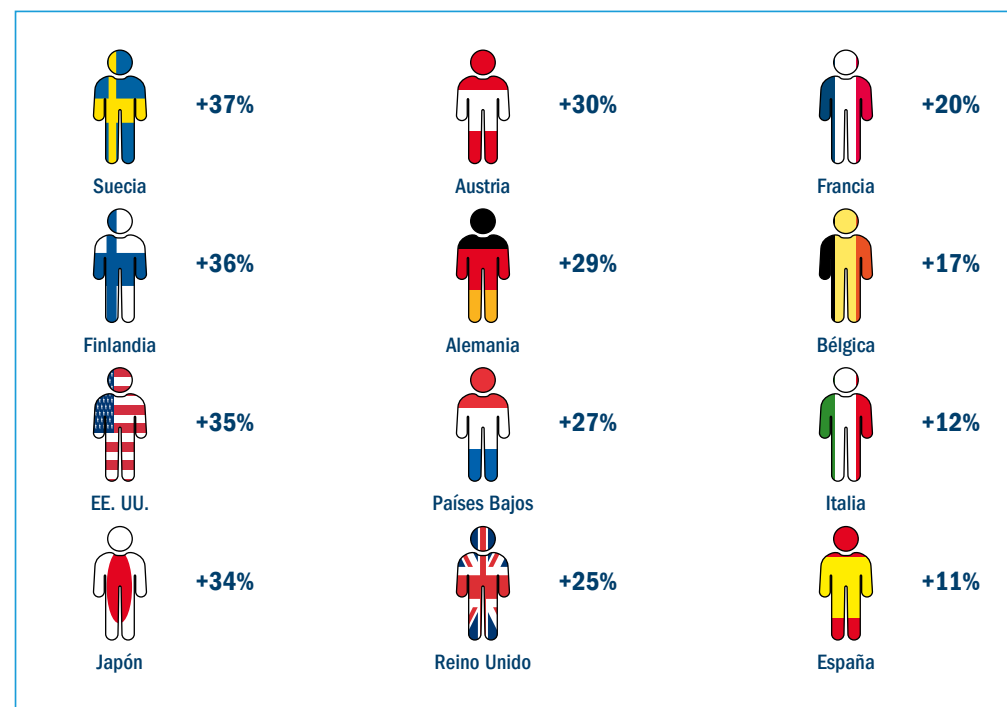


la producción del 2%-3% en una fábrica probablemente representa la diferencia entre lograr una rentabilidad del capital invertido del 15%-19% o del 30%. Las ventajas podrían ser así de enormes», comenta.

Del mismo modo, Robson destaca el ejemplo de una compañía de pequeña capitalización que fabrica sistemas de control automatizados «casi IA» para aplicaciones industriales, incluidas las refinerías. Al agregar datos de precios en tiempo real para la gama de productos que la refinería puede obtener de un barril de crudo, se puede optimizar el proceso de refinado con el fin de maximizar el valor de la producción a partir de cada barril. De nuevo, este avance constante de los sistemas tecnológicos hacia la automatización inteligente presenta el potencial de gestionar procesos complicados y aportar significativas ventajas en términos de eficiencia. En el caso de los sectores con grandes necesidades de capital, incluso un pequeño aumento de la productividad

puede revolucionar las métricas económicas de los líderes sectoriales. Además de optimizar operaciones comerciales clave, Robson sugiere que la IA alterará de manera fundamental las prácticas corporativas casi universales, como la formulación de previsiones, que hoy en día conlleva frecuentemente la introducción manual de datos en hojas de cálculo complejas y propensas a errores. Según Robson, la automatización de ese proceso modificará el comportamiento de las compañías. «Cualquier sector o negocio que formule cualquier tipo de previsiones puede hacerlo mejor, más rápido y más barato con la IA. Y si se puede hacer mejor, más rápido y más barato, probablemente se hará en mayor cantidad. Por lo tanto, en mi opinión, la cantidad de pronósticos y modelizaciones tenderá, sin duda alguna, al alza». Si las compañías pueden reducir la necesidad de intervención humana, aumentar su capacidad de previsión y mejorar sus resultados, los beneficios deberían ser sustanciales.

Aumento previsto de la productividad laboral con la IA antes de 2035



Fuente: Accenture y Frontier Economics, septiembre de 2016. Aumento porcentual de la productividad laboral con la IA comparado con los niveles básicos de productividad previstos antes de 2035.



Liberar el crecimiento de los ingresos

Robson sugiere que la segunda fuente principal de ventajas de la IA procederá de la capacidad de utilizar la IA para acelerar el crecimiento de los ingresos, mediante el desarrollo de nuevos productos y servicios basados en los datos que las compañías poseen, generan y, en algunos casos, compran para aumentar sus recursos internos. Observaremos los resultados de este proceso en el futuro. En estos momentos, resulta difícil predecir los resultados del desarrollo de productos e I+D empresarial mejorado por la IA. En cualquier caso, las oportunidades potenciales en este ámbito son, en opinión de Robson, gigantescas.

El crecimiento de los ingresos que podría experimentarse gracias a nuevos productos y servicios de éxito podría ser sustancial. Ahora bien, Robson también señala que, con el fin de aplicar efectivamente la IA a sus datos y liberar nuevas fuentes de valor, las compañías no tendrán otra opción que transferir sus

recursos de datos desde compartimentos individuales hasta «lagos de datos» centrales, que probablemente se mantienen en nubes públicas.

Esta transición presenta una ventaja de doble vertiente. No solo permite que todos los datos de una compañía sean accesibles para la IA en un solo lugar, lo que facilita el proceso de desarrollo de productos, sino que además reduce considerablemente los costes ligados a la infraestructura tecnológica del negocio. «Cuando se apuesta por las soluciones en la nube, la estructura de costes (de TI) se reduce en más de un 20% y se adquiere una mayor capacidad de innovación y desarrollo de nuevos productos, ya que todos los datos se ubican en un mismo lugar», afirma Robson. «Esto podría hacer que los datos de una compañía sean aún más valiosos, lo que podría traducirse en una mayor capacidad para subir los precios». Por lo tanto, una satisfactoria adopción de la IA ofrece la perspectiva de desarrollar productos y servicios capaces



Las ventajas competitivas que ofrece la IA acentuarán el sesgo de las rentabilidades hacia el primer decil de las compañías, lo que provocará una mayor concentración de las ventajas en los principales operadores, que lograrán una continua rentabilidad de los recursos propios (ROE) del 30%-40% »



Los frutos de la IA: Una prima de valor demostrada

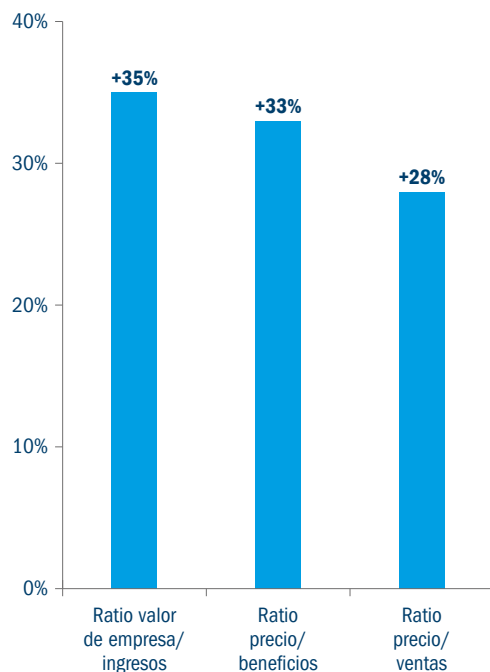
En 2019, Accenture entrevistó a 1.500 ejecutivos de alto nivel de compañías con un volumen de negocio superior a 1.000 millones de USD, de 12 países y 16 sectores diferentes. En general, los encuestados comunicaron haber obtenido una rentabilidad positiva en sus inversiones. Accenture quiso examinar la cuestión en profundidad.

¿Existía alguna relación entre una adopción satisfactoria de la IA en toda la firma y los parámetros de valoración clave? ¿Cuál fue la «prima» de liderazgo?

Recurriendo a los datos de la encuesta, junto a los datos financieros disponibles públicamente, el equipo de científicos de datos de Accenture creó un modelo para identificar la prima para las compañías de su muestra que lograron adoptar con éxito la IA, teniendo en cuenta varias características de las compañías.

Accenture descubrió una correlación positiva entre una adecuada adopción de la IA y tres parámetros clave de valoración financiera: el ratio valor de empresa/ingresos, el ratio precio/beneficios y el ratio precio/ventas.

Las compañías incluidas en la categoría de «adopción estratégica» obtienen un índice de éxito del 70% o superior en sus iniciativas de adopción de la IA y una rentabilidad de su inversión en IA del 70% o superior.



Fuente: Accenture, 2019.

https://www.accenture.com/_acnmedia/Thought-Leadership-Assets/PDF-2/Accenture-Built-to-Scale-PDF-Report.pdf#zoom=50

de impulsar los ingresos y, al mismo tiempo, gozar de las ventajas de una menor base de costes de tecnología. Esto supone otra vía para mejorar las rentabilidades del capital invertido de las compañías que adoptan la IA de manera efectiva.

En su conjunto, estas ventajas previstas de la aplicación de la IA en múltiples procesos empresariales deberían garantizar importantes ventajas en términos de eficiencia operativa y crecimiento de los ingresos para las compañías más prósperas. Se prevé que esta dinámica refuerce una tendencia que resulta aparente desde hace algún tiempo, en la que un subgrupo (integrado por «compañías superestrellas» como las ha apodado la consultora McKinsey) están obteniendo una continua y creciente ventaja con respecto al resto en materia de rentabilidades sobre los recursos propios. Robson sugiere que las ventajas competitivas que ofrece la IA acentuarán el sesgo de las rentabilidades

hacia el primer decil de las compañías, lo que provocará una mayor concentración de las ventajas en los principales operadores.

¿Quiénes son los ganadores?

Las posibles aplicaciones de la IA son, cuando menos, variadas: desde un horno con capacidades de IA que puede decidir cómo cocinar todo lo que se ponga dentro hasta el uso de la tecnología de reconocimiento facial para combatir la trata de niños. «Cuando leemos los casos de uso, nos damos cuenta de que la IA está por todos lados. Cada título de nuestras carteras se verá afectado de un modo u otro», señala Robson. Del mismo modo, conforme maduran otras tecnologías como las redes inalámbricas 5G, existirán numerosas oportunidades para aplicar una «capa de IA» a los enormes flujos de datos nuevos, por ejemplo, los procedentes de las redes 5G de sensores que formarán el «Internet de las cosas».



En sectores como el transporte, la energía y las redes de comunicaciones, así como en prácticamente todos los procesos de fabricación, el alcance de unos sistemas de toma de decisiones a tiempo real basados en la IA aumentará de manera gigantesca. De forma simultánea, surgirán nuevos productos y se alterarán las pautas de comportamiento de los consumidores. Robson compara lo que ocurrirá con los cambios que se derivaron de la transición de las redes 3G a las 4G. «¿Quién se habría imaginado que hacer una llamada telefónica ya no se incluiría si quiera en las 10 primeras cosas que hacemos con nuestros teléfonos?»

En su opinión, el próximo periodo de tres años se verá dominado por el desarrollo de la infraestructura de IA, lo que incluye una mayor adopción de la informática en la nube, la introducción de las redes 5G y los mayores esfuerzos de las compañías por agregar y estructurar sus datos. Los ganadores potenciales durante esta fase pueden identificarse

con relativa facilidad. Los grandes propietarios de datos se hallan en buena posición, sobre todo si pueden utilizar la IA para optimizar su oferta de análisis de datos, señala Robson, al igual que los principales proveedores de *hardware* esencial, como NVIDIA, fabricante de juegos de chips punteros programables para el aprendizaje automático. Del mismo modo, considera que los líderes existentes en ámbitos como la automatización industrial (p. ej., Keyence de Japón) o la secuenciación genética (p. ej., Illumina de Estados Unidos) pueden utilizar la IA para mejorar sus actuales ventajas competitivas.

No obstante, los claros ganadores son los que componen el oligopolio de la informática en la nube: Amazon y Microsoft a la cabeza, seguidos de Google. «En total, el gasto empresarial en informática supera el billón de dólares al año, y los ingresos anuales de Amazon Web Services en 2020 rondaron los 45.000 millones de USD, y Microsoft registró un crecimiento del 50% el año

pasado. Así pues, ambas compañías quizás superen los 80.000 millones de USD en conjunto. Esa cifra excederá los 500.000 millones de USD y, a mi parecer, no observaremos nuevos entrantes en este negocio. Resulta casi imposible, perderían todo su dinero en el intento».

Robson sugiere que aunque Google queda a la zaga de los dos pesos pesados en servicios en la nube, la adopción de la IA probablemente le permitirá situarse en mejor posición conforme saca partido de su enorme inversión en talento de IA para ofrecer servicios en la nube optimizados por herramientas de IA (el modelo de «IA como servicio»). «Lo que escuchamos de las compañías en estos momentos es que existe un renovado interés por Google debido a su “caja de herramientas de IA”. Conforme se avance la transición hacia la IA, el negocio de informática en la nube de Google debería mejorar». A medida que se expande la adopción de la IA, los principales proveedores de servicios en la nube probablemente





Los vehículos autónomos presentan una oportunidad de mercado mundial para los gigantes tecnológicos que podría equipararse a la oportunidad que Microsoft aprovechó en los sistemas operativos para los ordenadores personales »

registrarán unas rentabilidades del capital invertido en el rango del 36%-39%, lo que afianzará aún más la rentabilidad superior a largo plazo.

Estos gigantes tecnológicos, ¿suponen una amenaza para los principales operadores de otros sectores? En opinión de Robson, existen claros riesgos, por ejemplo, en las ambiciones de Google en el campo de los vehículos autónomos. Si Google se convirtiera en el principal proveedor de sistemas de control para vehículos autónomos, los efectos podrían ser drásticos. Con un coste de licencia de 3.000 USD por vehículo, Google absorbería todo el margen EBITDA del fabricante típico de equipos originales del sector de automoción, que se sitúa en torno al 12%, afirma Robson.

«La cadena de valor se está desplazando. Probablemente no llegará hasta ese punto, pero se trata de un movimiento en la cadena de valor que resulta absolutamente vital que los inversores entiendan».

Los vehículos autónomos presentan una oportunidad de mercado mundial para los gigantes tecnológicos que podría equipararse a la oportunidad que Microsoft aprovechó en los sistemas operativos para los ordenadores personales. No obstante, en otros sectores, Robson considera que estas compañías tienen menos probabilidades de desbancar a los especialistas sectoriales porque no disponen de los conocimientos o los datos necesarios para competir de manera eficaz. En su lugar, proporcionarán la infraestructura y las herramientas necesarias, pero no intentarán dominar toda la cadena de valor.

Por consiguiente, el desafío al que se enfrentan los inversores sigue siendo el mismo: determinar qué compañías presentan las ventajas competitivas más sólidas y están mejor posicionadas para beneficiarse de las dinámicas imperantes en sus sectores. «Resulta sencillo determinar cuáles serán los proveedores

de datos, los proveedores de herramientas y los gigantes tecnológicos que, a todas luces, se verán laureados en IA», afirma Robson. «Ahora bien, resulta mucho más complicado identificar a los ganadores en otros sectores. ¿Quién lo hará mejor en el sector bancario? ¿Algún banco existente o una entidad procedente de otro sector? En este sentido, resulta primordial que los inversores mantengan conversaciones con las compañías para entender lo que realmente están haciendo».



Biografía de Neil Robson

Neil Robson es Director de Renta Variable Mundial de Columbia Threadneedle Investments, cargo que ocupa desde julio de 2017. Se incorporó a la compañía en 2011 como gestor de carteras dentro del equipo de renta variable mundial.

Robson gestiona varios mandatos y fondos de renta variable mundial para clientes institucionales. También es cogestor del fondo Threadneedle Global Extended Alpha.

Antes de incorporarse a la firma, Robson trabajó como gestor de fondos en empresas como Martin Currie, Barings y Citibank. Además, entre 2003 y 2009 fue Jefe de Renta Variable Mundial en Pioneer Investments.

Es licenciado en Economía por la Universidad de Bristol.





Una perspectiva de inversión:

AUMENTAR, QUE NO SUSTITUIR, LA INTELIGENCIA DE INVERSIÓN HUMANA

Si bien la IA es una poderosa herramienta de análisis de datos, carece de «inteligencia general» para ser algo más. Entrevista con James Waters, Científico de Datos Sénior.

.....

LECTURA RÁPIDA

- ▶ Gracias al enorme aumento del volumen de datos y las capacidades de computación, es posible obtener una ventaja de inversión a través de una interpretación más rápida y efectiva de la información.
- ▶ Columbia Threadneedle Investments pone las capacidades de computación a disposición de los gestores de carteras, lo que les permite analizar datos no estructurados para obtener un mejor entendimiento de la suerte que correrá un negocio.
- ▶ La IA es solo una herramienta en el arsenal de análisis de datos, aunque se trata de una herramienta poderosa.
- ▶ En el ámbito del análisis de inversión, la posibilidad de que la inteligencia de una máquina sustituya, en lugar de aumentar, la inteligencia humana resulta más bien remota.





James Waters
Científico de Datos Sénior

Cuando gestionamos dinero, el conocimiento es todo. En una era caracterizada por la información instantánea y la regulación de los informes corporativos, resulta poco probable obtener una ventaja de inversión a través del descubrimiento de algún aspecto sobre un negocio o sobre la economía antes que el mercado. Ahora bien, el enorme aumento actual del volumen de datos y las capacidades de computación ha permitido obtener dicha ventaja de inversión a través de una interpretación más rápida y efectiva de la información.

Dado que la actividad humana está generando vastas cantidades de datos, la extracción de datos importantes y la identificación de patrones de información pueden arrojar luz sobre determinadas tendencias, como el cambiante sentimiento hacia un título o el comportamiento de los consumidores. Esto se logra a través de varias formas de análisis de datos, de las cuales las más avanzadas son el aprendizaje cognitivo y las capacidades de resolución de problemas de la inteligencia artificial.

Columbia Threadneedle Investments adopta un enfoque específico a este respecto, con arreglo a su ADN como sociedad gestora activa. En efecto, pone las capacidades de computación a disposición de sus gestores de carteras, lo que les permite analizar datos no estructurados para obtener un mejor entendimiento de la suerte que correrá un negocio. Hace casi tres años, estableció un equipo de ciencia de datos dedicado no solo a la recopilación de datos de manera más efectiva, sino también a la búsqueda de nuevas ideas. La IA es solo una herramienta en su arsenal, aunque se trata de una herramienta poderosa para identificar patrones y anomalías.



La información que recopilamos, también a través de la IA, aporta nuevas apreciaciones que ayudan al equipo a formular ideas de inversión. Nuestro enfoque de inversión sigue siendo el mismo. No obstante, el análisis de datos permite a nuestros equipos de inversión adquirir más conocimientos de manera más eficaz »





Hemos utilizado el procesamiento del lenguaje natural (PLN) para el análisis del sentimiento, en un esfuerzo por deducir los cambios en el sentimiento de los consumidores con respecto a las diferentes marcas a partir de datos de las redes sociales. Esto ofrece a nuestros analistas más información sobre los sectores y las compañías que cubren. A su vez, esto puede aportar (o no) información que podría influir en sus recomendaciones. Se trata de otra fuente de información a la que pueden recurrir los analistas

La forma en la que una sociedad gestora de activos decide cómo utilizar la IA depende de su estilo de inversión. En Columbia Threadneedle Investments, la IA recibe el nombre de «inteligencia aumentada», al utilizarse como una fuente de información adicional que ayuda a los gestores de carteras a tomar decisiones de inversión. Si bien la IA (especialmente, el aprendizaje automático) ha evolucionado con rapidez en ámbitos como el procesamiento del lenguaje natural y el reconocimiento de imágenes, carece de la «inteligencia general» humana que se necesita para comprender la naturaleza global de una compañía.

James Waters, Científico de Datos Sénior de Columbia Threadneedle Investments explica este enfoque: «Contamos con un equipo de ciencia de datos en nuestro grupo de inversión que ayuda a extraer información de fuentes de datos, especialmente información que a los propios analistas les resulta difícil manipular, por ejemplo, series de datos no estructuradas o largas. También desarrollamos procesos para extraer información de manera más eficiente, de modo que los analistas disponen de más tiempo para centrarse en el análisis, en lugar de en la recopilación de datos.

«La información que recopilamos, también a través de la IA, aporta nuevas apreciaciones que ayudan al equipo a formular ideas de inversión. Nuestro enfoque de inversión sigue siendo el mismo. No obstante, el análisis de datos permite a nuestros equipos de inversión adquirir más conocimientos de manera más eficaz».



Esta forma de utilizar la IA, como parte de un arsenal de herramientas de análisis de datos, refleja la naturaleza de Columbia Threadneedle Investments como sociedad gestora activa, donde los gestores de carteras recurren al análisis fundamental para identificar compañías de crecimiento de elevada calidad. En una sociedad gestora de activos que esté más especializada en el análisis cuantitativo, la IA podría ocupar un lugar más central en el proceso de toma de decisiones de inversión.

Waters ofrece varios ejemplos de cómo ha utilizado la IA para ayudar a los gestores de carteras. Por ejemplo, se ha recurrido al procesamiento del lenguaje natural (PLN), una rama del aprendizaje automático, para ayudar a identificar los cambios en el sentimiento hacia las compañías a partir de información de las redes sociales o declaraciones de estados financieros.

«Hemos utilizado el PLN para el análisis del sentimiento, en un esfuerzo por deducir los cambios en el sentimiento de los consumidores con respecto a las diferentes marcas a partir de datos de las redes sociales», afirma Waters. «Esto ofrece a nuestros analistas más información sobre los sectores y las compañías que cubren. A su vez, esto puede aportar (o no) información que podría influir en sus recomendaciones. Se trata de otra fuente de información a la que pueden recurrir los analistas».



Esta forma de utilizar la IA, como parte de un arsenal de herramientas de análisis de datos, refleja la naturaleza de Columbia Threadneedle Investments como sociedad gestora activa »





Conforme los analistas se familiarizan con estas herramientas, técnicas y sus eficiencias, resultará cada vez más importante que las tengan en cuenta »»

Más allá de los análisis de inversión, Columbia Threadneedle Investments utiliza la IA para mejorar la construcción de la cartera, mediante algoritmos de optimización.

Ahora bien, en el ámbito del análisis de inversión, la posibilidad de que la inteligencia de una máquina sustituya, en lugar de aumentar, la inteligencia humana resulta más bien remota. La IA sigue siendo tan solo una herramienta en el arsenal de la ciencia de datos.

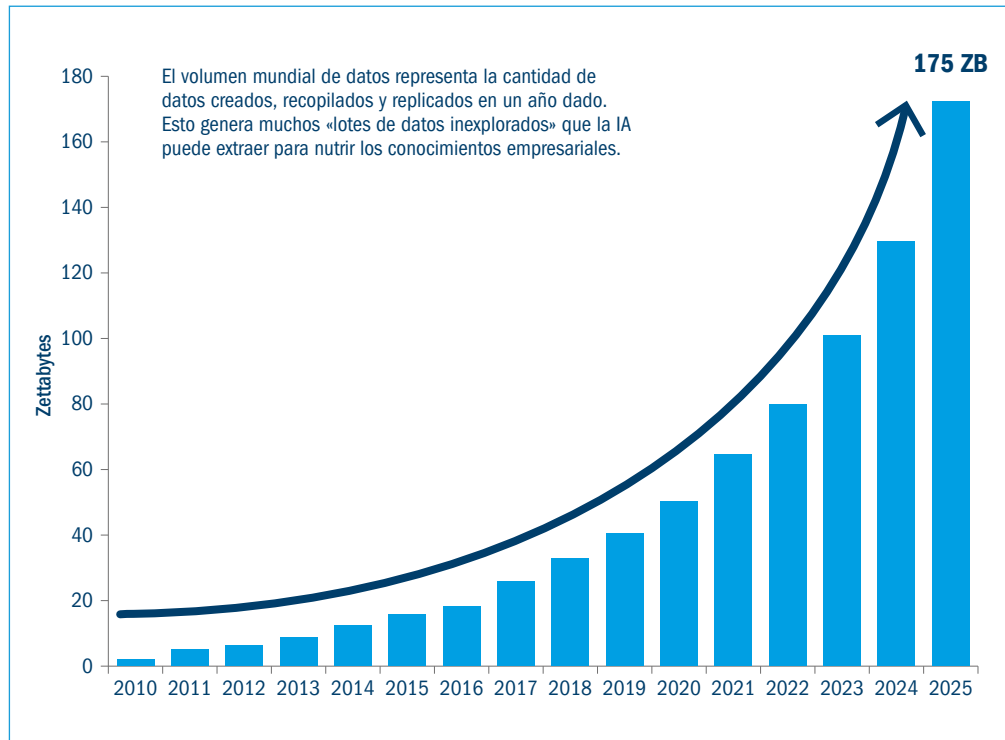
En efecto, en Columbia Threadneedle Investments, son precisamente los gestores de carteras y los analistas de inversiones quienes deciden el uso de la IA, y la utilizan como ayuda para evaluar la ventaja competitiva de una compañía, así como los cambios en el sentimiento hacia el título o sus productos.

A medida que los ordenadores obtienen una potencia sustancialmente superior y la cantidad de datos aumenta exponencialmente, la importancia de la ciencia de datos en el mundo de la inversión no hará sino crecer. ¿Significa esto que los equipos de gestión de carteras recurrirán cada vez más a la IA para el análisis de patrones?

Conforme los analistas se familiarizan con estas herramientas, técnicas y sus eficiencias, resultará cada vez más importante que las tengan en cuenta», comenta Waters. «Las técnicas son impresionantes, pero lo que más asombra es el volumen de datos. Todo el mundo está entusiasmado con el aprendizaje automático y la IA, pero la cantidad y la calidad de los datos es lo que marca la diferencia».



Crecimiento anual del volumen mundial de datos



Fuente: «Data Age 2025», estudio patrocinado por Seagate con datos de IDC Global DataSphere, noviembre de 2018.

Biografía de James Waters

James Waters recaló en las filas de Columbia Threadneedle Investments en octubre de 2012 como miembro del equipo de renta fija.

En 2018, se unió formalmente al recién creado equipo de ciencia de datos en calidad de Científico de Datos Sénior.

Antes de unirse a la compañía, Waters trabajó en Goldman Sachs Asset Management, primero en el equipo de tecnología y después en el grupo de renta fija.

Cuenta con un máster en Matemáticas y un máster en Informática, así como una licenciatura en Ciencias Actuariales.



Una perspectiva empresarial:

POR QUÉ LA IA CREARÁ NUEVOS LÍDERES EMPRESARIALES

La inteligencia artificial mejorará la productividad económica y dotará a algunas empresas de poderosas ventajas competitivas. Entrevista con Anand Rao, Responsable de IA Global de PwC.

LECTURA RÁPIDA

- ▶ La IA impulsará la productividad económica dentro de tres o cinco años.
- ▶ Los negocios están recurriendo a la IA para recortar costes, aumentar sus ingresos y facilitar la disrupción.
- ▶ Aunque las compañías ya utilizan la IA, esta todavía se halla en sus primeras fases de desarrollo, lo que podría compararse a los ordenadores a mediados de la década de 1980.
- ▶ Los negocios que aprovechan adecuadamente la IA obtendrán poderosas ventajas competitivas.





Anand Rao
Responsable de IA Global de PwC

Ya sea mediante el desarrollo de los asistentes virtuales digitales, la mejora de los exámenes médicos por imágenes o la autorización de *chatbots* que simulan una conversación humana, la inteligencia artificial (IA) ha llegado al mundo empresarial. Nos hallamos tan solo en los albores de una revolución tecnológica que se está acelerando y que se expandirá por todos los sectores industriales en muchas formas diferentes. La IA se conoce como una «tecnología de utilidad general» (como la electricidad, los ordenadores personales o Internet), lo que significa que podría afectar a todos los segmentos de la economía.

A diferencia de la inteligencia natural de los seres humanos y los animales, la IA hace referencia a la capacidad de las máquinas para emular la inteligencia humana. Desde el laboratorio de una universidad hasta el departamento de I+D de una compañía, las máquinas están adquiriendo rápidamente destrezas cognitivas similares a las de los seres humanos. Las compañías tecnológicas,

financieras y médicas han comenzado con rapidez a utilizar estos sistemas, mientras que otros sectores están empezando a implementarlos con el fin de recortar costes, impulsar el crecimiento de los ingresos brutos y disrumpir los modelos de negocio establecidos.

Con el tiempo, los negocios pioneros en IA obtendrán probablemente unas ventajas competitivas tan impresionantes que resultará muy difícil para otras firmas cerrar la brecha. Anand Rao, Responsable de IA Global de PwC radicado en Boston, prevé que una oleada de adopción de la IA tendrá muy pronto significativas consecuencias económicas. En su opinión, aunque es demasiado pronto para que la IA impulse la productividad económica de manera general, el efecto de la IA será aparente en los datos macroeconómicos dentro de tres a cinco años. También prevé que algunas compañías crearán «fosos económicos» difíciles de quebrantar, lo que revolucionará sectores enteros.

«Determinados estudios económicos muestran que la tecnología de la IA genera un círculo virtuoso en el que algunas compañías pueden obtener una ventaja a partir de sus datos o la experiencia de sus colaboradores», explica Rao. «Imaginemos que disponemos de muchos datos y estamos creando un algoritmo de IA o de aprendizaje automático que, en cierto modo, es mejor que otros. Como resultado de una mejor personalización, un mayor número de clientes llama a nuestras puertas, de modo que nuestros datos mejoran aún más y nuestros beneficios aumentan. Gracias a los mayores beneficios, podemos ampliar nuestra plantilla. Nuestra IA sigue mejorando, seguimos obteniendo más datos y más clientes: hemos creado un círculo virtuoso».

En busca de un ventaja competitiva

Hasta la fecha, la carrera para sacar partido de la IA se encuentra en una fase temprana, comparable a la del ordenador personal a principios de la década de



Imaginemos que disponemos de muchos datos y estamos creando un algoritmo de IA o de aprendizaje automático que, en cierto modo, es mejor que otros. Como resultado de una mejor personalización, un mayor número de clientes llama a nuestras puertas, de modo que nuestros datos mejoran aún más y nuestros beneficios aumentan. Gracias a los mayores beneficios, podemos ampliar nuestra plantilla. Nuestra IA sigue mejorando, seguimos obteniendo más datos y más clientes: hemos creado un círculo virtuoso »



1980 o de Internet a finales de esa misma década. Ahora bien, los gigantes tecnológicos y de las redes sociales ya disponen de enormes cantidades de datos que han obtenido a partir de sus actividades cotidianas y que pueden utilizar para desarrollar la IA a través del aprendizaje automático. Esto significa que pueden crear algoritmos capaces de aprender de los datos o, dicho de otro modo, pueden crear programas informáticos capaces de programarse a sí mismos mediante el análisis de la información. El «aprendizaje profundo» es el tipo de aprendizaje automático que está facilitando el progreso actual. Utiliza una estructura de numerosas redes neuronales artificiales, a saber, aplicaciones informáticas que copian de manera aproximada la forma en la que funcionan las neuronas en el cerebro.

Los poderosos procesadores informáticos «paralelos masivos» ayudan a las redes neuronales de la IA a aprender más rápido que nunca. Las enormes cantidades de datos

permiten entrenar las redes neuronales, que recalibran de forma continua sus parámetros y aumentan progresivamente su precisión. Por ejemplo, a través de la técnica denominada «aprendizaje supervisado», una máquina puede aprender a reconocer un perro después de haber analizado miles, o incluso millones, de imágenes con la etiqueta «perro». Otras formas de entrenar las máquinas son el «aprendizaje de refuerzo», es decir, aprender mediante un procedimiento de ensayo y error, y el «aprendizaje no supervisado», lo que implica enseñar a las máquinas a aprender de los datos procedentes de su entorno. El primer método puede utilizarse para entrenar vehículos sin conductor en simuladores, mientras que el último todavía se encuentra en una etapa de desarrollo inicial.

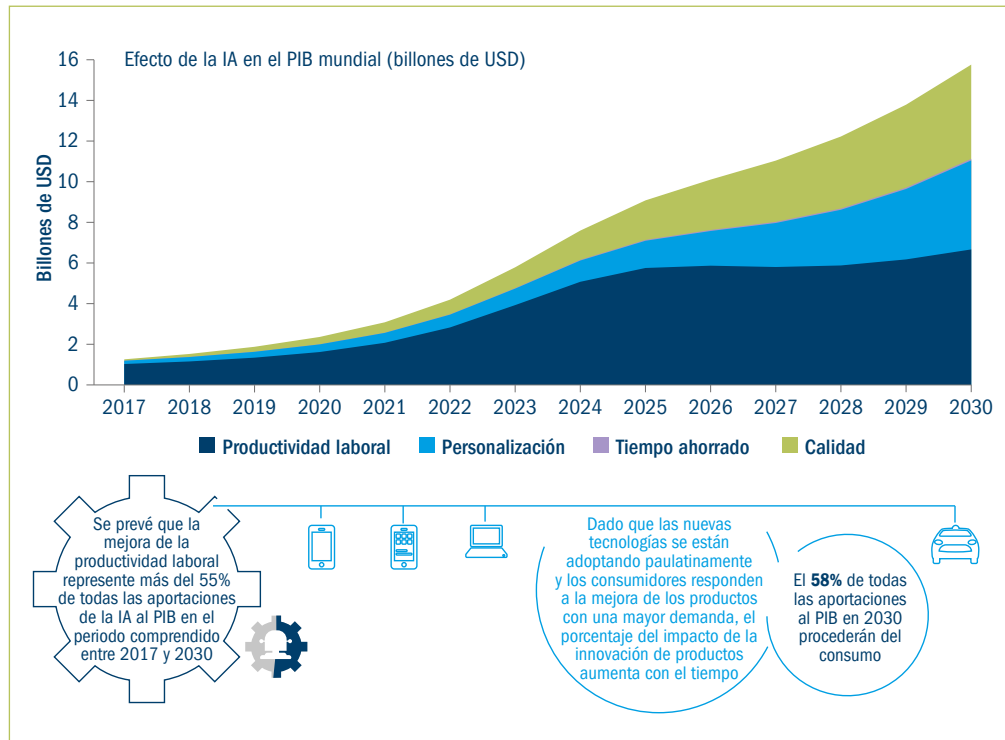
Así pues, ¿dónde pueden las compañías encontrar una ventaja competitiva? Según Rao, la respuesta tiene dos vertientes. En el caso de las compañías tecnológicas y de las redes sociales, como Amazon,

Google y Facebook, la ventaja competitiva radica en los datos. Las firmas con más datos disponen de mejores algoritmos de aprendizaje automático. No obstante, en otros sectores, existen menos datos para el entrenamiento de algoritmos. En esos casos, la experiencia humana o el «capital cognitivo» resulta igual de importante, ya que las competencias de las personas pueden combinarse con los datos para crear algoritmos de IA.

«Pongamos como ejemplo el diagnóstico médico», explica Rao. «Varios expertos clínicos han realizado el diagnóstico, existe un enorme volumen de datos de imágenes. Ahora combinemos esos datos de imágenes con los conocimientos de las personas. Esta combinación resulta vital, ya que, de otro modo, no sabríamos qué es cancerígeno y qué no lo es, de modo que los conocimientos humanos se utilizan para etiquetar los datos o definir las cosas que queremos que aprenda un sistema. Así pues, la experiencia humana, combinada con datos específicos de un ámbito concreto,



¿Qué ventajas en términos de valor aportará la IA?



Fuente: Análisis de PwC, 2019.

La información y las opiniones proporcionadas por terceros han sido recabadas de fuentes consideradas fidedignas, aunque no se puede garantizar ni su exactitud ni su integridad. La información no debe usarse como base exclusiva para tomar decisiones de inversión ni debe interpretarse como asesoramiento destinado a satisfacer las necesidades particulares de un inversor particular.

puede crear algo tangible. Por lo tanto, en la próxima década (o más) la ventaja competitiva radicará precisamente en ese capital cognitivo».

¿Cómo adoptan los sectores la IA?

Las compañías tecnológicas se sitúan a la vanguardia en el desarrollo de la IA, seguidas de las compañías de los medios de comunicación. Las firmas tecnológicas también utilizan la IA para recoger datos sobre el comportamiento de los consumidores (qué compra la gente), ya sean bienes, servicios o entretenimiento.

El segundo grupo es más amplio e incluye los servicios financieros, la atención sanitaria y la distribución minorista. Las compañías de servicios financieros, desde fondos de inversión libre (*hedge funds*) y bancos que operan en los mercados de capitales hasta bancos minoristas y aseguradoras, están recurriendo a la IA para un amplio abanico de objetivos, como el análisis de inversión o la atención al cliente. Las compañías de atención sanitaria

están desarrollando una variedad de modelos en los que la IA puede ayudar a prestar una mejor atención a un menor coste, y los distribuidores minoristas están utilizando la IA para entender mejor a sus clientes.

El tercer grupo está integrado por la industria pesada, donde el catalizador es el «Internet industrial de las cosas». Los sectores de fabricación aeroespacial, petróleo, gas y servicios públicos están, todos ellos, recurriendo a los sensores y al Internet de las cosas para conectar varios tipos de equipos. Estos sensores recogen enormes cantidades de datos. La IA puede comprender estos datos y, por lo tanto, predecir las necesidades de mantenimiento y evitar averías costosas.

Desde un punto de vista funcional, la IA se está utilizando en tres ámbitos. El primer ámbito está compuesto por el «front-office» de un negocio, lo que incluye el desarrollo de la estrategia, el análisis de los clientes, la experiencia de los clientes y la distribución. El segundo ámbito hace referencia al desarrollo de





Si no automatizamos los procesos, nuestro negocio dejará de ser relevante, ya que nuestros costes no serán competitivos »»

los productos, las operaciones, la fijación del precio y el servicio al cliente. El tercer ámbito abarca el «back-office», lo que incluye las finanzas, los RR. HH. y, en el caso de los servicios financieros, el departamento de riesgo.

De la automatización a la disrupción

Conforme los negocios apuestan por la digitalización, esta transición genera inevitablemente una enorme cantidad de datos, lo que trae consigo la normalización y, a continuación, la automatización. A medida que se digitaliza la documentación del «back-office», los procesos se van automatizando y, en algún momento, se utiliza la IA para optimizar los procesos. Del mismo modo, las operaciones y el servicio al cliente se están automatizando, lo que facilita el flujo de bienes y servicios. Todo pasa a ser más eficiente y efectivo.

En el «front-office» de un negocio, la IA está mejorando la experiencia de los clientes. Por ejemplo, los chatbots están facilitando la interacción entre las

personas y las compañías, y se están utilizando técnicas de IA para convertir las comunicaciones de audio y vídeo en texto.

No obstante, las organizaciones pueden sobrestimar las ventajas de la IA, según Rao. Se suele pensar que si se reduce el tiempo dedicado a realizar una tarea administrativa, esto debería traducirse en una reducción similar del personal. Con frecuencia, los empleados utilizan parte del tiempo ahorrado para atender otras necesidades de los clientes.

Aunque todavía es pronto para constatar cómo las ventajas en términos de eficiencia repercuten en los datos de productividad, Rao predice que no estamos muy lejos. «En determinados sectores, se está analizando cómo utilizar algunas de estas tecnologías. Por ejemplo, ¿cómo podríamos emplearlas para reducir la carga de trabajo en los centros de llamadas? En mi opinión, esto sucederá principalmente en departamentos concretos del “back-office” (atención al

cliente y servicios de asistencia)». Y estas funciones registrarán un aumento de la productividad.

«De hecho, si no automatizamos los procesos, nuestro negocio dejará de ser relevante, ya que nuestros costes no serán competitivos».

Cuando la intención es impulsar las ventas, la IA se utiliza para ofrecer a los clientes una mejor experiencia. Un buen ejemplo de ello es la forma en la que Amazon y Netflix utilizan la IA para personalizar la experiencia de los clientes a través de recomendaciones. Ayudar a los clientes a que tomen decisiones de esta forma debería redundar en una mayor fidelización.

Ahora bien, la tercera manera en la que la tecnología puede impulsar las ventas (la «IA disruptiva») reviste un carácter más fundamental. La IA disruptiva trata de responder esta pregunta: ¿cómo puedo revolucionar mi sector o un sector afín? Por ejemplo, PwC ha utilizado la IA para ayudar a un importante fabricante de coches a desarrollar una estrategia de



uso compartido de vehículos. Esto derivó en la creación de una unidad de negocio de miles de millones de dólares dedicada al uso compartido de vehículos, vehículos eléctricos y vehículos autónomos.

Otro ejemplo lo hallamos en la exploración de petróleo y gas, un ámbito en el que algunas compañías de exploración están utilizando la IA para interpretar los datos de estudios sísmicos. Las compañías de exploración con más datos de levantamientos sísmicos son las mejor posicionadas para sacar partido de la tecnología. Esto les permite determinar con precisión dónde perforar.

La IA fuera del laboratorio

De cara al futuro, la IA es un concepto relativamente nuevo en el mundo empresarial. Salvo los usos que las compañías tecnológicas dan a la IA en los medios sociales y los dispositivos electrónicos de consumo, como los teléfonos móviles y los asistentes virtuales, existe una amplia brecha entre lo que la ciencia de la IA ha

hecho posible y los usos que están dándole las empresas.

No es solo que las empresas quizá no estén lo suficientemente al corriente de los avances que ha logrado la IA en los laboratorios universitarios. Mayor importancia reviste el hecho de que la IA debe adaptarse al mundo empresarial. Las compañías necesitan ejecutivos que comprendan la IA, que sean capaces de limpiar los datos y etiquetarlos y, además, que entiendan los riesgos. Por su parte, a los investigadores académicos no les interesa escribir artículos sobre metodologías para adaptar diferentes facetas de la IA al universo de los negocios.

«La IA tiene que pasar de ser una disciplina académica de mejores algoritmos a convertirse, básicamente, en ingeniería de *software*, con metodologías, procesos, controles y un gobierno adecuados», señala Rao. «Creo que las empresas acabarán poniéndose al día con lo que proponen los investigadores académicos, pero también marcarán un

nuevo camino para el futuro». Predice que surgirán empresas de nueva creación que construirán las herramientas necesarias para comercializar la IA.

Además, la IA es tan solo una parte de un ecosistema tecnológico comercial más amplio. Si bien la IA tomará decisiones, se precisará que se establezcan procesos y protocolos en relación con la recogida y la organización de los datos, su presentación al público y la integración de las decisiones tomadas por la máquina de IA con las que toman los seres humanos. También deben desarrollarse *hardware* y *software* informáticos.

Dicho esto, la IA está marcando rápidamente las diferencias en varios sectores, en especial si se tiene en cuenta que hace tan solo 18 meses se usaba muy poco en empresas fuera de los sectores de tecnologías de consumo y redes sociales. ¿Cómo podemos determinar si la IA provocará un desbarajuste en la dinámica competitiva de un sector y si habrá una empresa





La pregunta interesante estriba en qué papel desempeñan la regulación y algunas de las cosas que están sucediendo en los planos económico y político. Muchos políticos y países están reflexionando sobre ello »

recién creada que arrebatará el liderazgo a un gigante con un largo historial de dominio del sector?

«Creo que cabe analizar cómo se usa la IA, tanto desde la perspectiva de los ingresos como desde la de los beneficios, y en qué medida incide en la rentabilidad», afirma Rao. «También está la idea de si la IA se revelará disruptiva para un sector y de si habrá una organización que llegará de fuera del sector y creará nuevas ventajas competitivas, nuevo capital cognitivo».

A medida que las compañías comienzan a construir ventajas competitivas, muchas de ellas podrían hacerse con una posición inexpugnable gracias a haber acumulado los mejores datos, los mejores algoritmos y también el mejor personal. «Creo que, si lo dejáramos exclusivamente en manos del mercado, probablemente sucederá eso», observa Rao. «La pregunta interesante es qué papel desempeñan la regulación y algunas de las cosas que están sucediendo en los planos económico

y político. Muchos políticos y países están reflexionando sobre ello.

¿Cómo protejo a mis ciudadanos?

Unos 30 países están desarrollando estrategias de IA nacionales y hemos hablado con bastantes de ellos.

Esto es lo que les ronda principalmente por la cabeza: si las compañías extranjeras dominan nuestros sectores gracias al uso de la IA, ¿cómo incidirá esto en la economía de nuestro país y en nuestra seguridad? La pregunta más importante es si habrá leyes para impedir que esto suceda. Me atrevería a decir que sí».

Todavía está por ver el nivel de disrupción que tendrá la IA en los diferentes sectores, pero es probable que transforme la economía mundial y las trayectorias de los negocios. Al igual que las tecnologías de uso general que la precedieron, desde la electricidad hasta el ordenador personal e Internet, la IA resultará una herramienta poderosa para crear empresas líderes.



Biografía del Dr. Anand S. Rao

El Dr. Anand S. Rao es socio en el departamento de Asesoramiento de PwC. Es Director Global de Inteligencia Artificial, impulsor de los análisis transversales y copatrocinador del Centro Habilitador de IA de PwC. Con más de 33 años de experiencia en el sector y en asesoramiento, Rao lidera un equipo de profesionales que colaboran con miembros de la alta dirección de algunas de las organizaciones de mayor tamaño del mundo, y les asesora sobre diversos temas, entre los que se incluyen estrategias de crecimiento internacional, mercadotecnia, ventas, estrategias de distribución y digitales, economía conductual y experiencia de los consumidores, y análisis estadísticos y computacionales. Desde su puesto de Director Global de IA, Rao es responsable de las relaciones de investigación y comerciales con instituciones académicas y empresas de reciente creación, así como de la investigación, el desarrollo y la comercialización de innovadoras técnicas de IA, megadatos y herramientas analíticas. Gracias a su doctorado y su trayectoria como investigador en el campo de la IA, así como de su posterior experiencia en consultoría de gestión, aporta conocimientos comerciales en este ámbito y herramientas de análisis estadístico y computacional para generar información exclusiva sobre la práctica de la «ciencia de los datos».

Antes de dedicarse a la consultoría de gestión, Rao fue el científico de investigación jefe del Australian Artificial Intelligence Institute. Ha pertenecido a consejos de administración de empresas de reciente creación y entidades

sin ánimo de lucro. Cuenta con un gran reconocimiento por sus extraordinarias contribuciones en el campo de la consultoría y la investigación sobre la inteligencia artificial. Fue galardonado con el premio al Artículo Más Influyente de la Década en 2007 por la organización Autonomous Agents & Multi-Agent Systems por su contribución a la arquitectura creencia-deseo-intención; fue incluido en la lista del Decano de la Melbourne Business School en 1997 por situarse entre el 10% de los estudiantes más brillantes en su promoción del MBA; recibió el premio a la Investigación de Posgrado Universitario de la Universidad de Sídney en 1985; y obtuvo el premio a Exalumnos Distinguidos del Instituto de Tecnología y Ciencia Birla de Pilani (India). Ha sido reconocido como uno de los 50 profesionales de datos y análisis más relevantes de Estados Unidos y Canadá por Corinium, y como uno de los 50 profesionales principales en tecnología para el sector de seguros. Asimismo, su artículo «A Strategist's Guide to Artificial Intelligence» ha sido laureado con el premio de Oro Nacional de la ASBPE al mejor artículo técnico de 2017 y el premio editorial de *FOLIO*.

Ha coeditado cuatro libros y ha publicado más de 50 artículos en revistas y conferencias evaluadas por expertos. Actúa con frecuencia como ponente especializado en IA, economía conductual, vehículos autónomos y su impacto, herramientas de análisis y tecnología en foros académicos y comerciales.



Una perspectiva académica:

LOS AVANCES, EL ENORME POTENCIAL Y LAS INDISCUTIBLES LIMITACIONES DE LA IA

Los avances en las capacidades de computación y la disponibilidad de datos han acelerado la evolución de la IA, que ahora está penetrando en nuestra vida cotidiana. Pese a todo, sigue en las primeras fases de la titánica tarea de desarrollar sistemas con capacidades de comprensión profunda. Entrevista con el catedrático David Barber, Director del Centro de Inteligencia Artificial del University College London (UCL) y miembro del Turing Institute.

LECTURA RÁPIDA

- ▶ Uno de los problemas de la IA son las fronteras poco definidas; se trata de que las máquinas logren imitar el funcionamiento de los seres humanos en lugar de limitarse a analizar grandes cantidades de datos.
- ▶ Las capacidades de computación y la disponibilidad de datos se han combinado para dar paso a un periodo de desarrollo acelerado del aprendizaje automático, un importante campo basado en datos de la IA.
- ▶ La IA obtiene mejores resultados cuando lleva a cabo tareas limitadas y bien definidas para las que hay disponibles grandes cantidades de datos con los que entrenar de forma efectiva los algoritmos.
- ▶ Aunque seguimos muy lejos de la llegada de la «inteligencia artificial general», las aplicaciones de la IA en el mundo real revestirán una enorme importancia desde el punto de vista de la economía.





Catedrático David Barber
Director del Centro de Inteligencia Artificial del UCL

En nuestra vida cotidiana, cada vez dedicamos más tiempo a interactuar con tecnología que replica habilidades. Los avances en IA han permitido desarrollar *software* de reconocimiento de voz que nos permite dar instrucciones a Siri o Alexa. Han creado sofisticadas funciones de texto predictivo en programas de correo electrónico, *bots* conversacionales (o *chatbots*) para servicios de atención al cliente en línea y sistemas basados en teléfono que se están desplegando actualmente en centros de llamadas, todos ellos sistemas que dependen del procesamiento del lenguaje natural. Las herramientas de traducción y los asistentes digitales capaces de convertir el habla en texto funcionan del mismo modo. El *software* de reconocimiento de imágenes, como el desplegado en sistemas de reconocimiento facial o de matrículas y en los vehículos autónomos, también son ejemplos cotidianos de la IA en acción.

Las innovaciones en robótica, un campo estrechamente relacionado que ofrece magníficas posibilidades en áreas como los vehículos sin conductor, la automatización de almacenes y el cuidado de personas ancianas o enfermas, también dependen en gran medida de los avances en IA. Todas estas máquinas emplean la IA para replicar la habilidad humana de interpretar el entorno físico e interactuar con él, y se nutren de la información de la neurociencia sobre cómo funcionan los seres humanos.

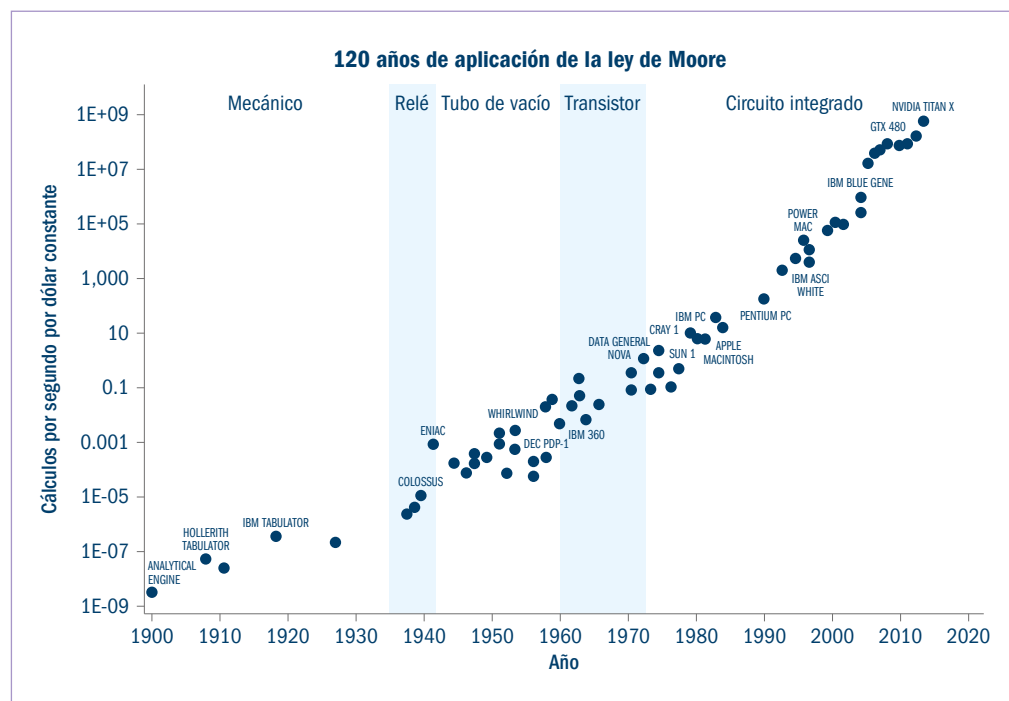
La irrupción de la IA como elemento cada vez más habitual en la vida moderna indica que estamos en la antesala de una transformación que acarreará grandes cambios en cómo vivimos y funcionamos los seres humanos. Sin embargo, para interpretar y controlar los efectos que la IA podría tener en la sociedad y el mundo comercial, debemos explorar cómo y por qué ha registrado aparentemente un avance tan importante en los últimos años y valorar tanto sus limitaciones actuales como su indiscutible potencial.

¿Por qué hablamos de la IA ahora?

El Dr. David Barber, profesor de Aprendizaje Automático del UCL y Director del Centro de Inteligencia Artificial del UCL, señala que los intentos por crear habilidades similares a las de los humanos en sistemas fabricados por el hombre se remontan a varios siglos atrás. De hecho, el profesor Barber es miembro del Turing Institute, que reconoce el papel como pionero que tuvo Alan Turing, fallecido en 1954, en el desarrollo de esta disciplina. Turing y su colega matemático y economista David Champernowne escribieron su revolucionario programa de ajedrez llamado Turochamp en 1948 durante su investigación sobre la IA. Sin embargo, el algoritmo en el que se basaba Turochamp era demasiado complejo para funcionar en los ordenadores de aquella época, y Turing solo pudo ejecutar el programa manualmente usando cálculos en papel.



Aumento imparable de las capacidades de computación



Fuente: A 2018. <https://www.britannica.com/technology/Moores-law>.

La información y las opiniones proporcionadas por terceros han sido recabadas de fuentes consideradas fidedignas, aunque no se puede garantizar ni su exactitud ni su integridad. La información no debe usarse como base exclusiva para tomar decisiones de inversión ni debe interpretarse como asesoramiento destinado a satisfacer las necesidades particulares de un inversor particular.

Esta anécdota pone de manifiesto un aspecto importante. La base de muchos de los algoritmos que usamos hoy en día no es nueva. Lo que ha desbloqueado su potencial y, por ende, el de la IA es la abundancia de capacidad de computación que ha aparecido en los últimos años a medida que han aumentado las velocidades de procesamiento. Se tarda alrededor de una semana en entrenar un sistema de reconocimiento de imágenes avanzado usando ordenadores basados en una sola unidad de procesamiento gráfico (GPU) NVIDIA. Realizar ese mismo número de cálculos usando los mejores ordenadores disponibles a principios de la década de 1990 habría llevado cientos de miles de años. Gracias al aumento de la velocidad de computación acumulado a lo largo de décadas, hemos podido construir *hardware* capaz de permitir que la IA opere en tiempo real.

El segundo factor esencial en la irrupción de la IA ha sido la creciente disponibilidad de datos. Puesto que las cantidades de

datos digitales creados y almacenados se han multiplicado rápidamente en los últimos años, se han creado conjuntos de datos de tamaño suficiente para entrenar algoritmos con elevados niveles de precisión y competencia, por ejemplo, imágenes que se pueden usar para entrenar el reconocimiento de objetos.

El aprendizaje automático se perfila como el enfoque predominante

Juntos, estos dos factores (capacidades de computación y disponibilidad de datos) se han combinado para dar paso a un periodo de desarrollo acelerado del aprendizaje automático (AA), un importante campo basado en datos de la IA. Como resultado, durante los últimos 15 años aproximadamente, el AA se ha convertido en el paradigma predominante de la IA y es responsable, en gran medida, de los avances que sustentan las aplicaciones que más conocemos hoy en día.



Un planteamiento de desarrollo importante en el campo del AA que se remonta varias décadas guardaba relación con las redes neuronales, sistemas que, en líneas generales, se basan en la estructura del cerebro humano. Después de muchos años prácticamente olvidadas, las redes neuronales recuperaron el protagonismo en la investigación sobre el AA en 2006, cuando un pequeño grupo de investigadores demostraron que, con acceso a capacidad de computación suficiente, la técnica ofrecía considerables mejoras en los resultados obtenidos.¹ Enseguida se lograron otros avances relevantes. Poco después, los investigadores lograron adaptar las GPU desarrolladas para juegos informáticos y multiplicaron por 100 la velocidad del proceso de entrenar los algoritmos de AA. Equipado con unas herramientas tecnológicas que mejoraban a pasos agigantados, un grupo de investigación encabezado por Geoffrey Hinton realizó un gran avance en el reconocimiento

de imágenes usando AA en 2012 y enseguida fue adquirido por Google. Después, el equipo de Hinton tardó poco en crear un sistema de reconocimiento del habla que distaba mucho de cualquier sistema anterior. El AA y sus variantes, como el aprendizaje profundo, se han convertido en la técnica esencial de la IA.

Deep Blue, AlphaGo y los límites de los juegos de ordenador

Los hitos más conocidos de la IA acostumbran a ser momentos como la victoria del ordenador Deep Blue de IBM sobre el campeón mundial de ajedrez Garri Kaspárov en 1997 o la de AlphaGo de Deepmind, propiedad de Google, sobre los campeones coreanos de go Lee Se-dol en 2016 y Ke Jie en 2017. Estos acontecimientos de gran carga simbólica captan nuestra fascinación de forma natural con la idea de que las máquinas pueden superar la inteligencia de los seres humanos. ¿Pero qué importancia tienen realmente?

El profesor Barber apunta: «Una historia que a los investigadores en AA les gusta explicar es que teníamos una máquina que pudo ganar al mejor ajedrecista humano en 1997, pero todavía no disponemos de un robot capaz de coger una pieza de ajedrez y moverla de forma suave y fiable». En su opinión, los logros de alto perfil como estos son importantes para generar atención, pero desde la perspectiva exclusiva de la investigación han resultado mucho menos relevantes de lo que muchos creen. «Lo que realmente importa no es la habilidad para jugar al ajedrez o al go, sino la creación de sistemas que nos resultarán útiles en nuestro día a día. Lo demás es entretenimiento en su mayor parte».

Según nos comenta, el desafío más importante para la IA consiste en escapar del mundo cerrado y basado en reglas de los juegos y hacerla lo suficientemente buena para operar al lado de los seres humanos en el entorno de nuestra vida cotidiana, que es mucho más complicado.



Lo que realmente importa no es la habilidad para jugar al ajedrez o al go, sino la creación de sistemas que nos resultarán útiles en nuestro día a día. Lo demás es entretenimiento en su mayor parte »



¹ En el artículo que se puede consultar en <https://science.sciencemag.org/content/313/5786/504> se describe un logro en el que se demostró que las redes neuronales superan con creces los métodos tradicionales de compresión de imágenes.





El reconocimiento del habla representa un buen ejemplo en el que, a día de hoy, disponemos de un rendimiento bastante bueno. Sin embargo, todavía es muy superficial, ya que la máquina no entiende realmente, en un sentido profundo, lo que le decimos »»

Campos en los que la IA actual brilla

Es posible que la importancia que revisten para la investigación los sistemas de IA capaces de ganar a campeones de ajedrez o go sea exagerada, pero en cierta medida estos logros podrían tener una relevancia más generalizada. Los juegos como el go o el ajedrez son problemas extremadamente complejos basados en reglas de los cuales disponemos de enormes cantidades de datos de partidas a partir de los cuales pueden aprender los algoritmos del AA. Una versión más reciente de AlphaGo, llamada AlphaZero, aprendió por sí sola a jugar al go, al ajedrez y al shogi a un nivel más elevado que los sistemas precedentes simplemente aplicando las reglas que le habrían dado para jugar partidas de entrenamiento, con lo que se eliminó la necesidad de datos de partidas jugadas por seres humanos.

No es casualidad que los campos del mundo real en que los sistemas de IA basados en AA se han aplicado con

mayor éxito sean los que comparten determinadas características con los juegos. El alcance de la tarea que se pide que la IA realice es limitado y está bien definido, y hay disponibles grandes cantidades de datos con los que entrenar de forma efectiva los algoritmos. Aplicaciones que van desde el reconocimiento facial y de matrículas, hasta la capacidad de la máquina para reconocer y descodificar los fonemas que forman el habla humana o incluso las características visuales que definen objetos cotidianos exhiben, en mayor o menor medida, la misma combinación de características.

Sin embargo, en campos como el reconocimiento de objetos por parte de los vehículos autónomos, que debe funcionar con niveles extremadamente elevados de precisión para cumplir los requisitos de seguridad, el rendimiento de los sistemas de AA sigue siendo inferior al que se exigirá. La tarea de interpretar correctamente cada objeto con el que se encuentra el sistema en

nuestro complejísimo entorno diario no es ni limitada ni está bien definida. Por consiguiente, incluso los sistemas de reconocimiento de imágenes más avanzados se quedan cortos (como veremos en la entrevista que sigue con el Dr. Ali Shafti).

Un bot conversacional puede gestionar correctamente consultas sencillas sobre banca o seguros, puesto que el abanico de tareas que debe realizar está limitado por la naturaleza de la conversación y los datos que precisa para hacerlas están disponibles en los registros del cliente o del banco.

No obstante, si un cliente del banco que se siente solo llamara al centro de llamadas con la intención de encontrar a alguien con quien hablar, un operador humano competente y empático podría atender sus necesidades. Los bots conversacionales actuales no tendrían la más remota posibilidad; la tarea está totalmente fuera de su alcance. Su mejor respuesta sería pasar la llamada a un ser humano.



Las tareas titánicas que nos esperan

«El reconocimiento del habla es un buen ejemplo en el que, a día de hoy, disponemos de un rendimiento bastante bueno», explica el profesor Barber. «Sin embargo, todavía es muy superficial, ya que la máquina no entiende realmente, en un sentido profundo, lo que le decimos». Del mismo modo, parece que se han logrado buenos resultados en traducción. Ahora podemos conseguir traducciones automáticas bastante buenas entre dos lenguas, sobre todo si esas lenguas son próximas la una a la otra. No obstante, ¿de verdad entiende la máquina lo que le estamos diciendo? «El punto en el que nos encontramos no tiene nada de malo. El avance obtenido es realmente impresionante, pero nos hallamos en las primeras fases de una tarea titánica. Seguimos sin saber cómo dar el salto a sistemas con capacidades mucho mejores de comprensión profunda. Los gigantes tecnológicos son plenamente conscientes de este salto, y están invirtiendo grandes sumas en

resolver el problema. Si logran resolverlo, la utilidad de cosas como los asistentes digitales se incrementará enormemente».

Además de la incapacidad de la IA de entender el contexto, la intención o el significado no verbalizado, se avecinan otros desafíos. La naturaleza sedienta de datos de los sistemas basados en AA restringe necesariamente los contextos en los que pueden emplearse de forma más efectiva. Tienen dificultades en los entornos en los que escasean los datos. Este es uno de los principales problemas del llamado «aprendizaje por refuerzo», en el que los sistemas basados en IA aprenden de su entorno en lugar de digiriendo ingentes volúmenes de datos de entrenamiento y aprenden a asociar las decisiones con sus consecuencias a largo plazo. Un sistema diseñado por el hombre capaz de aprender de estímulos del entorno del mismo modo que hacemos los seres humanos necesitaría un volumen de información mucho más reducido del que necesitan los sistemas de IA actuales. Dar el salto a un estilo

de aprendizaje con mayor eficiencia de datos es un importante objetivo de la investigación actual.

«Los especialistas en aprendizaje automático están fascinados, desde el punto de vista intelectual, con la idea del aprendizaje por refuerzo porque es, en cierto sentido, la “madre del problema” de la IA: cómo entrenar sistemas con información muy limitada sobre el éxito o el fracaso eventuales de una decisión tomada hoy”, afirma el profesor Barber.

El futuro de la IA

Aunque seguimos muy lejos de la llegada de la «inteligencia artificial general», el profesor Barber defiende que las aplicaciones de la IA en el mundo real, como los vehículos totalmente autónomos, revestirán una enorme importancia desde el punto de vista de la economía. Del mismo modo, el desarrollo de robots capaces de empaquetar con precisión productos para su envío desde almacenes, que continúan siendo entornos esencialmente manuales, tendrá un gran impacto.



El avance obtenido es realmente impresionante, pero nos hallamos en las primeras fases de una tarea titánica. Seguimos sin saber cómo dar el salto a sistemas con capacidades mucho mejores de comprensión profunda. Los gigantes tecnológicos son plenamente conscientes de este salto, y están invirtiendo grandes sumas en resolver el problema. Si logran resolverlo, la utilidad de cosas como los asistentes digitales se incrementará enormemente »



Los partidarios de la IA defienden que la aplicación generalizada de la robótica y la IA en el mundo empresarial liberará a los humanos de muchas de las tareas monótonas, repetitivas y físicamente exigentes que realizamos ahora simplemente porque la mano de obra humana sigue siendo más barata que los robots. «Desde la Revolución Industrial e incluso antes, hemos usado a los seres humanos como si fueran máquinas», dice el profesor Barber. «¿Supone un buen uso de un ser humano tenerlo detrás del volante de un camión ocho horas al día durante 30 o 40 años? Los humanos podemos hacer cosas mucho mejores. Tenemos capacidades increíbles: empatía, compasión, creatividad... Son cosas en las que las máquinas son muy torpes, y probablemente lo seguirán siendo mucho tiempo. Me apasiona liberar a los seres humanos para que hagan los tipos de cosas que solo nosotros hacemos bien. En ese sentido, la IA es un campo de investigación muy positivo».

Prevé que asistiremos a una transición en la que los seres humanos colaborarán cada vez más con máquinas basadas en IA, realizando las tareas que precisan de más experiencia y aptitudes, y dejando los elementos mundanos y repetitivos a las máquinas.

En segmentos que siguen requiriendo mucho procesamiento manual de tareas estandarizadas, como las operaciones administrativas de grandes bancos e instituciones financieras, evidentemente existe potencial para, en el futuro, sustituir decenas de miles de puestos que ocupan personas por la llamada automatización robótica de procesos, siguiendo la estela de la automatización de las plantas de las fábricas que tuvo lugar a lo largo del siglo XX.

Es comprensible que la perspectiva de una transformación del lugar de trabajo provocada por la IA suscite temores, como reconoce el profesor Barber. «No estoy seguro de que “revolución” sea el término adecuado. Siempre se da un bombo excesivo a estas

cosas. Creo que, en cierta medida, será una evolución. A mi parecer, los seres humanos siempre se revelan extraordinariamente resilientes a la hora de dar significado a su trabajo y a sus vidas personales a pesar de las transformaciones que sucedan en la sociedad». No sorprende que lance una advertencia contra adoptar una postura «demasiado temerosa» sobre la cantidad de empleos actuales que la IA y la robótica podrían sustituir.

Sin embargo, estos problemas no desaparecerán. Los grandes interrogantes para los inversores, las compañías y sus empleados no estarán tan relacionados con los efectos potenciales de la IA y la robótica en la actividad económica, los cuales, con el paso del tiempo, se revelarán profundos. Tendrán más que ver con el alcance y la rapidez de la respuesta que decidan dar los gobiernos y las autoridades reguladoras a las peliagudas preguntas que la IA planteará a nuestras sociedades.



¿Qué es la «verdadera IA»?

A medida que los rumores en torno a esta rama de la informática se han intensificado durante los últimos años, términos como «IA» junto con técnicas relacionadas, como el AA, se han usado de una forma un tanto libre. Ahora, con frecuencia se da el nombre de «IA» a proyectos que los puristas no considerarían IA, aunque comparten algunas herramientas, como el análisis estadístico de ingentes conjuntos de datos. Dados los niveles de impaciencia entre las empresas, los gobiernos y el público en general sobre el potencial de la IA, no sorprende que se intente sacar rédito de esta oleada de interés. De hecho, habrá quien se base en esto para decir que la contratación algorítmica en bolsa no es «verdadera IA», sino simple análisis de datos a gran escala.

En la comunidad académica existe un consenso más claro sobre lo que constituye «verdadera IA», según explica el profesor Barber. «Para mí, la IA es la capacidad de replicar la percepción y el razonamiento humanos, así como nuestras competencias para interactuar con los demás y con el mundo físico». ¿Es importante esta falta de definición de las fronteras? Según el profesor Barber, para el mundo académico es importante definir con claridad el alcance de la disciplina, sobre todo para que las entidades que financian los proyectos entiendan qué se está pagando con su dinero. No obstante, además de esto, hay otros problemas de mayor calado: «Es más importante [que unas definiciones rígidas] que hagamos progresos de verdad para crear sistemas que resulten de utilidad práctica para la humanidad, cosas que a las personas les parezcan interesantes y que de verdad supongan una diferencia positiva en nuestras vidas».

Biografía del catedrático David Barber

David Barber es Director del Centro de Inteligencia Artificial del UCL, cuya finalidad es desarrollar técnicas de IA de última generación.

Tiene numerosos intereses de investigación relacionados con la aplicación de los modelos y el razonamiento probabilísticos.

También es director científico de Re:infer, una empresa de reciente creación centrada en el procesamiento del lenguaje natural que «convierte comunicaciones no estructuradas en datos estructurados para llevar a cabo una acción».

Se licenció en Matemáticas en la Universidad de Cambridge y se doctoró en Física Teórica (Mecánica Estadística) en la Universidad de Edimburgo.





Una perspectiva académica: Caso de estudio

LA IA IMPULSA LA DIFUSIÓN DE LA ROBÓTICA INTELIGENTE, Y DEFINE SUS LÍMITES

La robótica traslada la IA al mundo físico, con perspectivas en desarrollo que incluyen vehículos autónomos, *carebots*, robots quirúrgicos y *cobots*. Entrevista con el Dr. Ali Shafiq, Investigador Asociado Sénior en Robótica e IA en el Laboratorio del Cerebro y el Comportamiento del Imperial College London.

LECTURA RÁPIDA

- ▶ La robótica transmite las capacidades de procesamiento de datos y toma de decisiones del *software* al mundo físico.
- ▶ Los vehículos autónomos son robots y, por tanto, destacan, sin duda alguna, como el campo de la investigación en robótica más importante para la economía.
- ▶ Los robots para cuidados (o *carebots*) y los robots quirúrgicos representan otras áreas claves de desarrollo.
- ▶ El llamado «aprendizaje colaborativo» es un posible método para que los robots aprendan más sobre el contexto en el que operan y se acerquen más a la inteligencia humana.





Dr. Ali Shafti

Investigador Asociado Sénior en Robótica e IA en el Laboratorio del Cerebro y el Comportamiento del Imperial College London

La robótica combina conocimientos derivados principalmente de la ingeniería informática, mecánica y electrónica y de la neurociencia. Tiene por finalidad crear «máquinas inteligentes» capaces de replicar la capacidad de los seres humanos de percibir el entorno físico, interpretarlo y tomar decisiones basadas en esos estímulos en tiempo real y, a continuación, traducir esas decisiones en acciones.

Por tanto, desde la perspectiva de la IA, la robótica transmite las capacidades de procesamiento de datos y toma de decisiones del *software* al mundo físico. En robótica, al igual que sucede en otros campos en los que se está aplicando la IA, las formas predominantes de IA se basan en técnicas de aprendizaje automático (AA) basadas en datos, que han vivido un periodo de desarrollo que ha registrado una gran aceleración en los 15 últimos años, como hemos visto en nuestra entrevista con el profesor David Barber.

«Esta capacidad para actuar en el entorno físico moviendo algo o haciendo algo es lo que realmente es importante. Eso define un robot», explica el Dr. Ali Shafti, Investigador Asociado Sénior en Robótica e IA en el Laboratorio del Cerebro y el Comportamiento del Imperial College London. «Hasta ese momento, la máquina no se diferencia en absoluto de un ordenador o un teléfono inteligente».

Partiendo de esta definición, los vehículos autónomos son robots y, por tanto, destacan, sin duda alguna, como el campo de la investigación en robótica más importante para la economía. Sin embargo, los desafíos de desarrollar una IA lo suficientemente potente para permitir que los robots operen al lado de los humanos en los entornos altamente complejos en los que estos habitan son considerables. El sueño de vehículos que puedan conducirse a sí mismos a través de una ciudad en hora punta para llevarnos a casa está mucho más lejos de lo que algunos de sus defensores están dispuestos a admitir.

Los vehículos autónomos amplían los límites de la IA

El rápido progreso observado recientemente en el AA ha alentado un enorme interés y grandes inversiones en el desarrollo de vehículos autónomos, un campo en el que tanto los fabricantes de coches como las compañías tecnológicas más grandes del mundo están adentrándose de forma agresiva. No obstante, fabricar vehículos totalmente autónomos representa uno de los mayores desafíos para los investigadores en robótica, sobre todo por la dificultad de desarrollar la IA necesaria para controlarlos.

El Dr. Shafti apunta que asistiremos a enormes avances en los vehículos autónomos durante los diez próximos años, pero advierte que todavía quedan décadas para que veamos robots conduciendo de forma independiente junto con el tráfico normal y sin conductores de seguridad humanos a bordo. El principal problema, según él, es que el aprendizaje profundo, una



Esta capacidad para actuar en el entorno físico moviendo algo o haciendo algo es lo que realmente es importante. Eso define un robot. Hasta ese momento, la máquina no se diferencia en absoluto de un ordenador o un teléfono inteligente »





Algunos de los mejores resultados del aprendizaje profundo se han conseguido en la visión artificial, sobre todo en el reconocimiento y el etiquetado de objetos en tiempo real, que es un módulo imprescindible para muchos sistemas autónomos. No obstante, estos sistemas pueden cometer errores y resulta fácil engañarlos »»

variante del AA que domina los sistemas de reconocimiento visual en los vehículos autónomos, está llegando a sus límites. Este problema se agrava porque gran parte de la conducción tiene lugar en complejísimos entornos densamente poblados que no están diseñados desde su origen para dar cabida a los coches.

«El aprendizaje profundo nos ha permitido avanzar muchísimo, pero ahora el progreso está ralentizándose. Está llegando a una meseta. Algunos de los mejores resultados del aprendizaje profundo se han conseguido en la visión artificial, sobre todo en el reconocimiento y el etiquetado de objetos en tiempo real, que, como todos sabemos, es un módulo imprescindible para muchos sistemas autónomos, por ejemplo, los vehículos sin conductor. No obstante, estos sistemas pueden cometer errores y resulta fácil engañarlos».

«Hay un ejemplo famoso: si colocamos unas cuantas pegatinas pequeñas o hacemos un pequeño grafiti en una señal de stop, la confundirá con otras señales, como las de límites de velocidad».

Eso no le sucedería a un ser humano porque nosotros entendemos el contexto. El sistema no, solo ve píxeles. No tiene inteligencia más allá de la tarea para la que está entrenado, por lo que, al hacerle ver una señal ligeramente alterada, es fácil engañarlo y hacerle creer que no es una señal de stop.

«Hacer que un coche autónomo circule por el mismo entorno que un coche no autónomo plantea un problema muy difícil. Se habla mucho, pero no disponemos de ejemplos de un coche autónomo que opere de forma extensiva sin un conductor de seguridad en un entorno mixto. En mi opinión, esto, por sí solo, es indicativo de que todavía queda mucho por hacer».

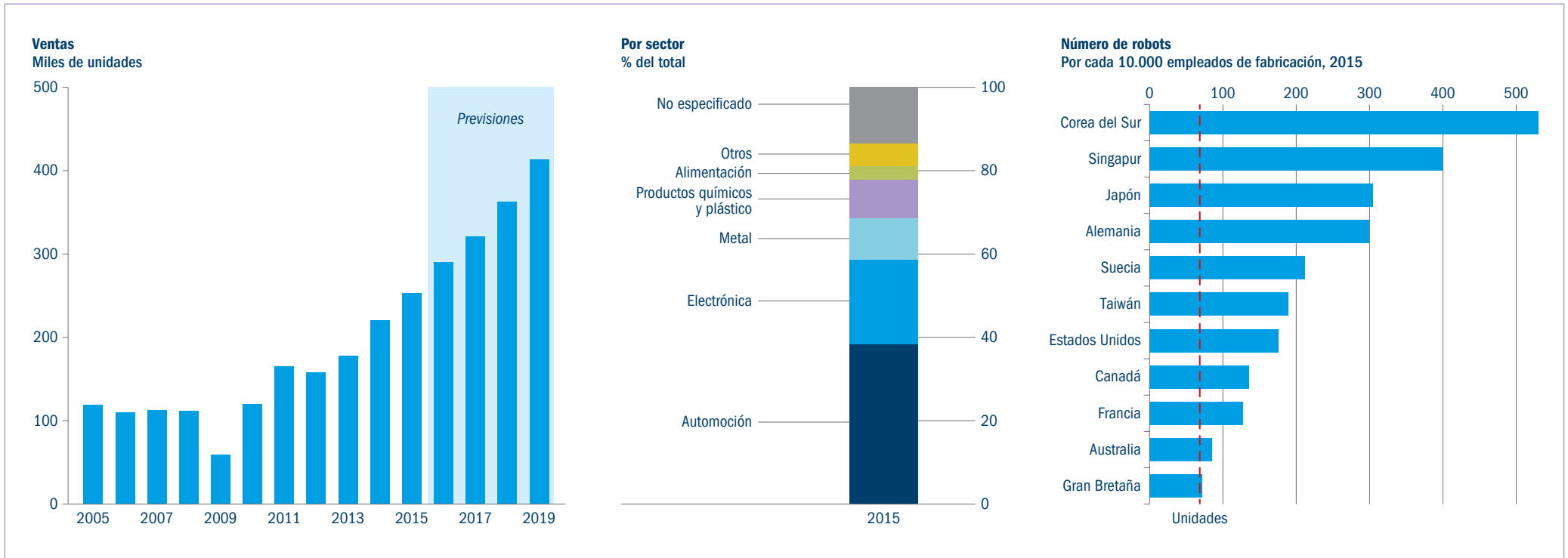
La fase intermedia de desarrollo más probable consistirá en diseñar determinados carriles de tráfico o zonas de ciudades para coches autónomos con el fin de evitar las dificultades que conlleva permitir que los robots conduzcan compartiendo espacio con los humanos, sugiere. Sin embargo, en su opinión, a largo plazo el cambio a los

vehículos autónomos reducirá en gran medida las lesiones y las muertes en la carretera y traerá consigo grandes ventajas al permitir que los vehículos sin conductor se comuniquen entre sí. Esto permitirá una gestión óptima del tráfico, ya que todos los vehículos estarán conectados como una red y en constante comunicación, con lo que podría obtenerse una mayor densidad de vehículos manteniendo la eficiencia y la velocidad.

«Imaginemos por un momento que llegamos a un aparcamiento de varias plantas, salimos del coche y dejamos que él mismo se aparque solito. Ahorraríamos mucho tiempo y se conseguiría una gran optimización. Los coches podrían aparcarse más juntos unos a otros porque, cuando llamemos a nuestro coche para que venga a recogernos, los demás se apartarán para dejarlo pasar».



La robótica en nuestra vida: robots industriales a escala mundial



Fuente: Federación Internacional de Robótica.

La información y las opiniones proporcionadas por terceros han sido recabadas de fuentes consideradas fidedignas, aunque no se puede garantizar ni su exactitud ni su integridad. La información no debe usarse como base exclusiva para tomar decisiones de inversión ni debe interpretarse como asesoramiento destinado a satisfacer las necesidades particulares de un inversor particular.





Se han acelerado los esfuerzos por desarrollar robots socialmente inteligentes, y creo que en la próxima década, más o menos, empezaremos a ver este tipo de sistemas robóticos en las casas de mucha gente mayor »

Otras áreas importantes de desarrollo en robótica

Hace décadas que se usan robots en la industria, pero más recientemente han empezado a avanzar en otros escenarios del mundo real. Destacan dos campos de desarrollo.

Robots sociales y para cuidados

El Dr. Shafti cree que próximamente empezarán a generalizarse los robots diseñados para supervisar a personas que se sienten solas o que sufren trastornos como la demencia e interactuar con ellas. Se trata de una de las pocas áreas de la robótica en la que será relevante crear robots de cuerpo entero antropomórficos, algo que muchas personas creen equivocadamente que es el principal objetivo de los investigadores en el campo general de la robótica.

La capacidad para usar el procesamiento del lenguaje natural con el propósito de permitir la conversación entre humanos y robots es el pilar de este campo de la robótica, y, según dice, los avances recientes nos acercan considerablemente al uso generalizado de robots sociales.

«Se han acelerado los esfuerzos por desarrollar robots socialmente inteligentes, y creo que en la próxima década, más o menos, empezaremos a ver este tipo de sistemas robóticos en las casas de personas que se sienten solas o sufren ansiedad social, así como en las de personas que padecen trastornos como la demencia». Además de hacer compañía, estos sistemas podrán supervisar el comportamiento humano y ayudar a personas cuyas capacidades cognitivas están deteriorándose, por ejemplo, recordándoles que tomen su medicación.

Robots quirúrgicos

En la cirugía laparoscópica, los robots están empezando a ser el estándar, y el fabricante principal es la estadounidense Intuitive, cuyas máquinas Da Vinci son las más avanzadas del mercado.

Estos sistemas maestro-esclavo permiten al cirujano sentarse en un terminal para realizar movimientos extremadamente precisos que traducen un movimiento de la mano de varios centímetros en movimientos mucho más pequeños del instrumento quirúrgico situado dentro del paciente. Además, incluyen instrumentos con múltiples herramientas con los que los cirujanos operan a través de una sola incisión laparoscópica en lugar de las tres necesarias con la cirugía manual.

Según nos dice el Dr. Shafti, la investigación actual sobre visión artificial en el campo de la robótica quirúrgica se ha centrado en aspectos como permitir la visión tridimensional y el reconocimiento automatizado de órganos y características o defectos a partir de



las imágenes de la cámara. Gracias a esto, los cirujanos pueden tener una visión realista del interior del paciente en lugar de las imágenes en pantalla bidimensionales difíciles de reconocer con las que trabajan actualmente. Los investigadores también están incorporando *feedback* táctil a estos sistemas de modo que los cirujanos puedan notar lo duros o blandos que son los órganos y los tejidos dentro del cuerpo del paciente, algo que, por ejemplo, podría indicar la presencia de un tumor.

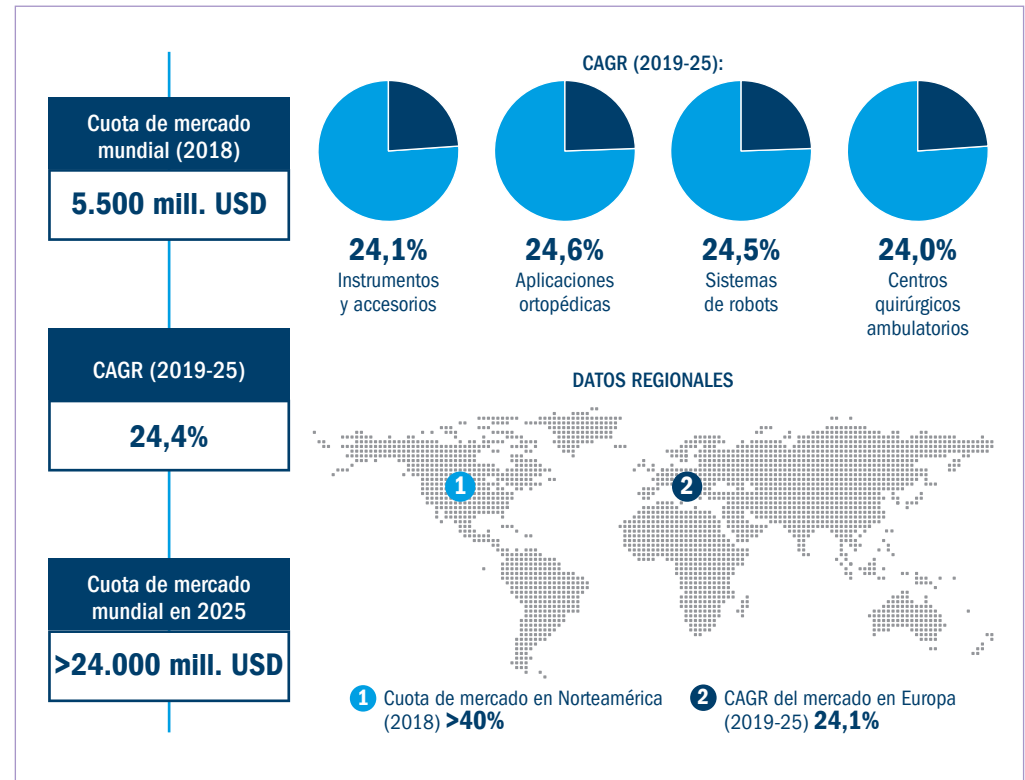
Sin embargo, cree que la principal barrera para la implantación de los robots quirúrgicos probablemente será el conservadurismo profesional de los cirujanos más veteranos, que llevan décadas operando manualmente y prefieren métodos que conocen. Al final, los cirujanos probablemente aprenderán a operar tanto manualmente como con ayuda de robots y, llegado ese momento, la adopción se extenderá de forma más rápida.

Colaboración frente a sustitución

Los brazos robóticos llevan años usándose en la industria, pero tuvimos que esperar a la última década para que fueran lo suficientemente seguros para abandonar los campos segregados a los que se circunscribían y actuar en el mismo espacio que los humanos. Los avances en la ingeniería de sensores y mecánica para evitar posibles colisiones mortales han hecho realidad este desarrollo.

El resultado ha sido un rápido crecimiento en la adopción de estos robots colaborativos, o *cobots*, en la industria en los últimos años. Entre los principales fabricantes se hallan la danesa Universal Robots, la muniquesa Franka Emika y Kuka, una compañía china que también está radicada en Alemania. Esta última es un fabricante establecido de robots industriales tradicionales, pero también ha evolucionado a los *cobots*.

Mercado de robots quirúrgicos



Fuente: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/surgical-robots-market>. Marzo de 2019.





Creo que el próximo paso importante es involucrar más a las personas. En los métodos con participación humana, no se deja de lado a los humanos y se hace que todo funcione de forma autónoma de principio a fin. El sistema funciona autónomamente, pero hay un humano en el proceso que debe supervisar e intervenir, lo que permite optimizar el sistema para la persona »

La llegada de robots que puedan trabajar de forma segura junto a los seres humanos representa un gran avance en la tecnología y abre las puertas a grandes nuevos mercados para los fabricantes de robótica en muchos más escenarios industriales.

Sin embargo, la aparición de los robots colaborativos también permite que la robótica se desarrolle empleando los métodos con participación humana en los que está especializado el Dr. Shafti. Defiende que estos enfoques generan mejores resultados, tanto para la sociedad como en lo tocante al desarrollo de la robótica.

«El aprendizaje profundo está llegando a sus límites y las personas deben proponer el próximo paso importante», afirma. «Creo que el próximo paso importante es involucrar más a las personas. En los métodos con participación humana, no se deja de lado a los humanos y se hace que todo funcione de forma autónoma de principio a fin. El sistema funciona

autónomamente, pero hay un humano en el proceso que debe supervisar e intervenir, o colaborar en tiempo real, lo que permite optimizar el sistema para la persona. Así es como se consigue progresar más rápido y con menos efectos negativos en las vidas de los seres humanos».

A juicio del Dr. Shafti, la combinación de la inteligencia de los humanos y los robots dará lugar a una fase intermedia en el desarrollo de los robots, en la que estos realizarán las tareas para las cuales los humanos son menos aptos, como las acciones repetitivas, el levantamiento de grandes pesos y los movimientos exactos y precisos que son físicamente difíciles o agotadores, mientras que los humanos usarán su conocimiento y experiencia para dirigir la actividad. Esto conlleva que se necesite menos inteligencia robótica general, lo que a su vez hace que los algoritmos inteligentes existentes ya se puedan adaptar y desplegar al trabajo con los seres humanos para conseguir mejores entornos laborales al tiempo que se reduce la necesidad de más potencia de

computación y su consiguiente huella de carbono. «Intentar que los robots aprendan a trabajar en fábricas y lo generalicen todavía no es factible con enfoques de aprendizaje profundo integrales, y también sería muy pesado desde la perspectiva de la informática, ya que consumiría una enorme potencia. Deberíamos considerar otros métodos», explica.

La visión del futuro de la robótica a medio plazo prevé un proceso con dos participantes en el que los robots aumentarán las capacidades de los seres humanos sin sustituirlos por completo mientras que, con el tiempo, los robots aprenderán a través del proceso de trabajar junto a las personas y acabarán siendo capaces de realizar tareas más complejas. El llamado «aprendizaje colaborativo» es un campo que genera un gran interés entre los investigadores en robótica, que lo consideran un posible método para que los robots aprendan más sobre el contexto en el que operan y, con ello, se acerquen más a lo que definimos como inteligencia humana.



Biografía del Dr. Shafti

El Dr. Shafti es Investigador Asociado Sénior en Robótica e Inteligencia Artificial en el Laboratorio del Cerebro y el Comportamiento del Departamento de Informática y el Departamento de Bioingeniería del Imperial College London.

Estudia la colaboración y la interacción física entre seres humanos y robots inteligentes, o IA personificada. Busca la forma de hacer que estas interacciones sean intuitivas y naturales para lograr mayores sinergias y capacidades aumentadas por ambas partes, lo que daría lugar a una interacción humano-robot explicable, fiable y productiva. A tal efecto, implementa la inteligencia artificial en el contexto de la robótica al tiempo que conserva el papel de la inteligencia humana como una parte esencial del proceso de acción/percepción y la interacción.

Estudia métodos en robótica, inteligencia artificial y análisis del comportamiento humano, así como formas de integrar los resultados a través de métodos con participación humana. Ha aplicado estos hallazgos en diferentes escenarios, entre los que se incluyen robots colaborativos, robots de asistencia y vehículos autónomos.

El Dr. Shafti obtuvo su doctorado en Robótica en el King's College London, donde se centró en la interacción física humano-robot con participación humana.



Si desea más información, visite
columbiathreadneedle.com



Información importante: Exclusivamente para uso de inversores profesionales y/o cualificados (no debe entregarse a clientes particulares ni emplearse con ellos). Este documento contiene información publicitaria. Este documento se ofrece exclusivamente con fines informativos y no debe considerarse representativo de ninguna inversión en particular. No debe interpretarse ni como una oferta o una invitación para la compraventa de cualquier título u otro instrumento financiero, ni para prestar asesoramiento o servicios de inversión. **Invertir implica un riesgo, incluyendo el riesgo de pérdida de capital. Su capital está sujeto a riesgos.** El riesgo de mercado puede afectar a un emisor, un sector económico o una industria en concreto o al mercado en su conjunto. El valor de las inversiones no está garantizado y, por lo tanto, los inversores podrían no recuperar el importe inicialmente invertido. **La inversión internacional conlleva ciertos riesgos y volatilidad por la posible inestabilidad política, económica o cambiaria, así como por las diferentes normas financieras y contables. Los valores que se incluyen aquí obedecen exclusivamente a fines ilustrativos, están sujetos a cambios y no deben interpretarse como una recomendación de compra o venta. Los valores que se mencionan pueden o no resultar rentables.** Las opiniones se expresan en la fecha indicada, pueden verse alteradas con arreglo a la evolución de la coyuntura del mercado u otras condiciones y pueden diferir de las opiniones ofrecidas por otras entidades asociadas o afiliadas de Columbia Threadneedle Investments (Columbia Threadneedle). Las decisiones de inversión o las inversiones efectivamente realizadas por Columbia Threadneedle y sus filiales, ya sea por cuenta propia o en nombre de los clientes, podrían no reflejar necesariamente las opiniones expresadas. Esta información no tiene como finalidad prestar asesoramiento de inversión y no tiene en cuenta las circunstancias específicas de los inversores. Las decisiones de inversión deben adoptarse siempre en función de las necesidades financieras, los objetivos, las metas, el horizonte temporal y la tolerancia al riesgo del inversor en cuestión. Las clases de activos descritas podrían no resultar adecuadas para todos los inversores. **La rentabilidad histórica no garantiza los resultados futuros y ninguna previsión debe considerarse garantía de rentabilidad.** La información y las opiniones proporcionadas por terceros han sido recabadas de fuentes consideradas fidedignas, aunque no se puede garantizar ni su exactitud ni su integridad. Ni este documento ni su contenido han sido revisados por ninguna autoridad reguladora.

En Australia: Publicado por Threadneedle Investments Singapore (Pte.) Limited [«TIS»], ARBN 600 027 414. TIS está exenta del requisito de contar con una licencia australiana de servicios financieros en virtud de la Ley australiana de sociedades (*Corporations Act*) y se fundamenta en lo dispuesto por la normativa Class Order 03/1102 relativa a la prestación de servicios financieros y de comercialización a los clientes mayoristas australianos, tal y como se define este término en la sección 761G de la Ley de sociedades de 2001. TIS está regulada en Singapur (número de registro: 201101559W) por la Autoridad Monetaria de Singapur (Monetary Authority of Singapore) de conformidad con la Ley de valores y futuros (*Securities and Futures Act*) (Capítulo 289), que difiere de la legislación australiana.

En Singapur: Publicado por Threadneedle Investments Singapore (Pte.) Limited, 3 Killiney Road, #07-07, Winsland House 1, Singapur 239519, entidad regulada en Singapur por la Autoridad Monetaria de Singapur (Monetary Authority of Singapore) de conformidad con la Ley de valores y futuros (*Securities and Futures Act*) (Capítulo 289). Número de registro: 201101559W. Este documento no ha sido revisado por la Autoridad Monetaria de Singapur.

En Hong Kong: Publicado por Threadneedle Portfolio Services Hong Kong Limited 天利投資管理香港有限公司. Unit 3004, Two Exchange Square, 8 Connaught Place, Hong Kong, firma autorizada por la Comisión de Valores Mobiliarios y Futuros de Hong Kong («SFC») para desarrollar actividades reguladas incluidas en el epígrafe 1 (CE:AQA779). Sociedad registrada en Hong Kong conforme a la Ordenanza de Sociedades (Capítulo 622) con el n.º 1173058.

En Estados Unidos: Productos de inversión ofrecidos a través de Columbia Management Investment Distributors, Inc., miembro de la FINRA. Servicios de asesoramiento proporcionados por Columbia Management Investment Advisers, LLC. En su conjunto, estas entidades se conocen como Columbia Management.

En la región EMEA: Publicado por Threadneedle Asset Management Limited. Registrada en Inglaterra y Gales con el número 573204, Cannon Place, 78 Cannon Street, Londres EC4N 6AG, Reino Unido. Autorizada y regulada en el Reino Unido por la Autoridad de Conducta Financiera (FCA). Este documento lo distribuye Columbia Threadneedle Investments (ME) Limited, sociedad regulada por la Autoridad de Servicios Financieros de Dubái (DFSA). Para distribuidores: Este documento ha sido concebido para ofrecer a los distribuidores información sobre los productos y servicios del Grupo y no está destinado a su posterior divulgación. Para clientes institucionales: La información contenida en este documento no constituye asesoramiento financiero alguno, y está dirigida exclusivamente a personas con el conocimiento adecuado en materia de inversión, que satisfagan los criterios normativos para ser considerados Clientes Profesionales o Contrapartes de Mercado; ninguna otra persona deberá actuar sobre la base de esta información. **Columbia Threadneedle Investments es el nombre comercial en todo el mundo del grupo de sociedades Columbia y Threadneedle.**
columbiathreadneedle.com

09.20 | J30244 | APAC/EMEA: 3202472 | Estados Unidos: 3231271