



CONTRIBUCIÓN ESPECIAL

Digitalización y transformación digital para una Inteligencia Artificial eficaz

José Luis Verdegay^{1,2*} <https://orcid.org/0000-0003-2487-942X>
Rafael Bello^{3,2*} <https://orcid.org/0000-0001-5567-2638>

¹Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Granada. Granada, España

²Academia de Ciencias de Cuba. La Habana, Cuba

³Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Villa Clara, Cuba

* Autor para la correspondencia: rbellop@uclv.edu.cu

RESUMEN

La Inteligencia Artificial es omnipresente hoy en día. No hay campo, actividad o trabajo que no ceda a la implantación de sistemas basados en ella para lograr, supuestamente, mejor desempeño de sus funciones. Esto puede suponer, en muchas ocasiones, que se aplique cuando y donde no es necesaria o que, si es necesaria, se aplique sin tener en cuenta requisitos, condiciones y términos absolutamente imprescindibles para evitar consecuencias no deseadas. En particular, la digitalización y la transformación digital, aunque a menudo se confunden, no sólo son términos diferentes, sino que corresponden a estados, procesos y momentos distintos. Es prácticamente imposible acometer la transformación digital de cualquier sistema, ya sea social, administrativo, económico o físico, sin antes digitalizarlo. A pesar de esta prioridad, ambas tareas pueden solaparse, de vez en cuando, sin provocar disfunciones. El objetivo de esta contribución es describir ambos procesos, incluyendo el análisis de las similitudes y diferencias entre los distintos sistemas basados en la inteligencia artificial, que se pueden considerar en la práctica, para hacer finalmente algunas recomendaciones, tanto de carácter general como local.

Palabras clave: digitalización; transformación digital; inteligencia artificial

Digitalization and digital transformation for effective Artificial Intelligence

ABSTRACT

Artificial Intelligence is ubiquitous today. There is no field, activity or job that does not yield to the implementation of systems based on it for the supposedly better performance of its functions. This can often mean that Artificial Intelligence is applied when and where it is not necessary or, if it is necessary, it is applied without considering requirements, conditions and terms that are absolutely essential to avoid unintended consequences. In particular, digitalization and digital transformation, although often confused, are not only different terms

Editor

Lisset González Navarro
Academia de Ciencias de Cuba.
La Habana, Cuba

Traductor

Darwin A. Arduengo García
Academia de Ciencias de Cuba.
La Habana, Cuba

but also correspond to different states, processes and moments in time. It is practically impossible to undertake the digital transformation of any system, be it social, administrative, economic or physical, without first digitalizing it. Despite this priority, the two tasks may overlap from time to time without causing dysfunctions. The objective of this contribution is to describe both processes, including an analysis of the similarities and differences between the various Artificial Intelligence based systems that can be considered in practice, and finally to make some general and local recommendations.

Keywords: digitalisation; digital transformation; artificial intelligence

INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) es omnipresente. En muy breve plazo, cualquier tarea de las que habitualmente hacemos las personas y que no requiera mucho pensamiento para poder realizarla (aunque hasta esta condición está siendo cuestionada por los últimos avances), podrá ser ejecutada por un *software* o un *hardware* basado en IA. No hay más que mirar a nuestro alrededor: en el salón de la casa, en un gimnasio o en el entorno laboral para constatar que estamos rodeados de sistemas basados en IA.

De manera silenciosa la IA se ha introducido en nuestras vidas y así, robots aspiradores, asistentes de navegación y automoción, asistentes virtuales, sistemas de recomendaciones o diagnósticos de enfermedades, cuentan con tecnologías que usan IA, produciendo una disrupción que nos impulsa hacia una nueva sociedad que exige transformaciones, para poder convivir con las tipologías digitales que caracterizan a esos sistemas basados en IA.

La transformación digital es la acción de integración de tecnologías informáticas en las áreas de un sistema para aumentar la eficiencia de todos sus procesos internos y mejorar los servicios que ofrece, lo que implica una migración de métodos y un cambio en la lógica y mentalidad de la operatividad de la organización de turno. En esa línea hay 2 niveles de actuación: el de la digitalización y el de la transformación digital. El primero se refiere a crear o mejorar los procesos mediante el aprovechamiento de las tecnologías digitales y los datos previamente digitalizados. El segundo requiere realizar cambios organizativos aprovechando al máximo las posibilidades de la tecnología. ⁽¹⁾

Aunque en ninguno de esos niveles es obligatoria la presencia de sistemas con IA, parece obligado contar con ella, como un componente esencial, si bien en muchos casos no se sabe si será aplicable o no, si proporcionará la mejor solución o no, o si quien vaya a usarla estará capacitado o no para entender las soluciones que les aporte a los problemas que se supone va a resolver. Pero del mismo modo que se abusa del término IA cuando en realidad no se está usando, también se abusa de ella

cuando, para resolver un problema, recurrimos a sistemas informáticos convencionales, totalmente exentos de IA, asumiendo que, por realizar cierta tarea de manera digital, se está aplicando.

Mientras que, el primer mal uso, podemos entenderlo en cierto sentido como una forma de fraude, el segundo lo podemos explicar desde el punto de vista del desconocimiento de quien así actúa: No teniendo una idea clara de lo que es la IA y sin distinguir esta de un *software* estándar, por diversas razones que sería prolijo enumerar, el usuario asume que el sistema que está manejando funciona con IA, cuando en realidad no es así.

Si suponemos que no hay más que desinformación, y en ningún caso mala intención, la confusión es más que frecuente cuando se dice que se usan sistemas de ayuda a la decisión (DSS por las siglas en inglés de *decision support systems*) o sistemas expertos (ES por las siglas en inglés de *expert systems*) para tomar decisiones en alguna situación, entendiendo que lo estamos haciendo con técnicas de IA cuando, en realidad, ambos *softwares* no son más que sistemas informáticos estándar que, en general, no presentan las características propias de un sistema basado en IA, como es el caso de los sistemas automatizados de decisión (ADS por las siglas en inglés de los *automated decision systems*).

Es cierto, no obstante, que los DSS o los ES pueden considerarse en ciertos modos inteligentes, y que por ahí cabría cierta justificación de que estamos aplicando IA. Pero el concepto de inteligencia no está bien definido. ⁽²⁾ De hecho, no está definido y por tanto podríamos decir que una calculadora electrónica es inteligente, ya que una vez programada puede realizar operaciones aritméticas mucho mejor que cualquier persona. Se trata de un debate tan antiguo como estéril al que no dedicaremos más tiempo aquí, pero que nos lleva a detenernos y fijar los conceptos tecnológicos que en lo que sigue vamos a utilizar.

Por tanto, de cara a minimizar los riesgos que puede conllevar la transformación digital de un cierto sistema, ya sea judicial, sanitario o económico, parece oportuno conocer las diferencias y similitudes entre DSS, ES y ADS. Así el objetivo de esta investigación es analizar los procesos de digitalización y transformación digital, y aunque es prácticamente imposible acometer la

transformación digital sin antes desarrollar la digitalización, se hacen las precisiones de cada uno, incluyendo el análisis de las similitudes y diferencias; haciendo las precisiones sobre los distintos sistemas basados en IA que pueden desarrollarse.

DESARROLLO

Conceptos básicos

La IA estudia los programas informáticos (en algunos casos también equipos *hardware*) diseñados por personas que, dado un objetivo complejo, actúan en el dominio físico o en el digital percibiendo el contexto en el que se desenvuelven mediante la adquisición de datos, interpretando esos datos, ya estén estructurados o no, razonando sobre el conocimiento o procesando la información derivada de dichos datos y decidiendo la mejor acción o acciones a realizar para lograr el objetivo que se persigue. ⁽³⁾

De esa definición lo primero que se desprende es que la IA es, ante todo, racional. Esa racionalidad se consigue percibiendo el entorno en el que está inmerso dicho sistema a través de algunos sensores, razonando sobre lo percibido, decidiendo cuál es la mejor acción a tomar y actuando en consecuencia a través de algunos accionadores que, posiblemente, puedan modificar el contexto en el que funciona el sistema.

Por otro lado, como una disciplina científica, la IA incluye varios enfoques y técnicas tales como: el aprendizaje automático (*machine learning*), del cual el aprendizaje profundo y el aprendizaje por refuerzo son sus subdisciplinas más relevantes en la actualidad; el razonamiento computacional (que considera la planificación, la programación, la representación del conocimiento y el razonamiento, la búsqueda y la optimización) y la robótica (comprendiendo el control, la percepción, los sensores y actuadores, así como la integración de todas las demás técnicas, en sistemas ciberfísicos).⁽³⁾

Ahora bien tan evidente es que no puede haber IA sin tecnologías digitales, como que no todas las tecnologías digitales suponen el uso de IA. Por este motivo, realizar la transformación digital de un cierto sistema no supone evolucionar el mismo hacia el uso exclusivo de técnicas, metodologías o herramientas propias del ámbito de la IA, porque si esa transformación se hace correctamente, habrá áreas que las incluyan, otras que no y otras en las que, a pesar de todo, el papel que siempre hayan desempeñado las personas, permanecerá inalterable, sin necesidad o posibilidad alguna de digitalización.

Concentrémonos en uno de los aspectos que más interesan, la toma de decisiones. Es obvio que, en este contexto, DSS, ES y ADS pueden jugar un papel protagonista, que podrá tener tantas versiones y matices como cada ámbito de aplicación permita, pero que no contribuirán a alcanzar una trans-

formación digital correcta si cada uno de ellos no se usa adecuadamente en cada ocasión en que sea preciso que actúen, es decir si por ejemplo, resolvemos un problema con un ADS cuando, con una hoja de cálculo sería más que suficiente.

Por eso es importante saber distinguirlos para poder aplicarlos correctamente y facilitar que la transformación digital termine ubicando en aquellos ámbitos que les resulten adecuados, minimizando los riesgos que pudieran derivarse de un mal uso o incluso de un uso innecesario. Para ello hay que conocer las características básicas de las herramientas más importantes para la toma de decisiones basada en tecnologías digitales.

Un DSS es una herramienta informática que se utiliza para apoyar el proceso de toma de decisiones de una persona o de una organización. Estos sistemas suelen incluir un conjunto de técnicas y métodos que permiten recopilar y analizar información relevante, presentarla de manera clara y proporcionar recomendaciones u opciones de acción basadas en ese análisis. Mas teóricamente, teniendo en cuenta que un problema estructurado es aquel que tiene un contexto con elementos y relaciones entre ellos que somos capaces de entender, en términos muy generales, se puede definir un DSS como un sistema que ayuda a la toma de decisiones, tecnológicas y de gestión, facilitando la organización del conocimiento en temas mal estructurados, semiestructurados o no estructurados. Concretamente el concepto de DSS nació a principios de la década de 1970 y apareció por primera vez en sendos trabajos de Gorry y Scott Morton y J.D. Little. Más adelante Morton acuñó el término DSS y desarrolló un contexto bidimensional en el que los computadores ayudarían a las tareas de toma de decisiones en los problemas de gestión. ^(4,5) El término y el concepto de DSS se asentaron a finales de dicha década. ⁽⁶⁾

Los DSS se utilizan en una amplia variedad de campos, como la medicina, la ingeniería, las finanzas o la gestión de proyectos, entre otros. Por ejemplo, un DSS podría ser utilizado para evaluar diferentes opciones de inversión y seleccionar la más adecuada para una empresa, o para ayudar a un médico a elegir el tratamiento más adecuado para un paciente en función de su historial clínico y de otros factores relevantes. Los DSS pueden diseñarse para ser utilizados por personas o por otras computadoras y pueden ser programados para tomar decisiones por sí mismos o para proporcionar recomendaciones que luego son evaluadas y adoptadas por una persona, siendo esta última utilidad la más frecuente.

Los componentes de un DSS pueden variar dependiendo del tipo de sistema y del propósito para el cual ha sido diseñado. En general, sin embargo, se pueden mencionar componentes comunes, base de datos, base de modelos y base de conocimientos;

- la base de datos es imprescindible para tener organizados los datos en una jerarquía lógica que represente la granula-

ridad que aquellos tengan. Así mismo se ha de contar con una base de modelos, que es la contrapartida en versión modelos de la base de datos. Esa base de modelos almacena y organiza los distintos modelos que el DSS usará en sus análisis y es la componente que diferencia un DSS de otros sistemas de información. Por último, hay que contar con una base de conocimientos, que es el lugar donde se almacena toda la información disponible sobre el problema que considera el DSS. Esa información puede estar en forma de reglas, de heurísticas, de restricciones, etc. En cualquier caso, el conocimiento almacenado en esta componente no hay que confundirlo con la información almacenada en la base de datos o en la base de modelos, que siempre son específicas de cada problema específico.

- Módulos gestores de las bases de datos, de conocimientos y de modelos: Estos componentes son las responsables de analizar la información recopilada y generar opciones o recomendaciones de acción basadas en esos análisis; mientras que el primero funciona conforme a estándares de bases de datos, en el segundo se aplican las reglas para deducir la información que el usuario desea. El tercero permite la creación de modelos de decisión, proporciona un mecanismo para conectar los diversos modelos y permite la gestión y manipulación de la base de modelos.
- Interfaces de entrada y salida, el primero se encarga de recopilar y procesar la información necesaria para el sistema y podría incluir el interfaz de usuario para ingresar datos o conectarse a bases de datos externas. El interfaz de salida sirve para presentar las opciones o recomendaciones de acción generadas por el sistema de manera clara y fácil de entender para el usuario.

Por su lado, un ES es un tipo de *software* que utiliza el conocimiento y la experiencia de expertos, en una determinada área, para tomar decisiones o proponer acciones. Estos sistemas se basan en una base de conocimientos, que es un conjunto de reglas y principios que se han establecido por expertos en el campo. El ES utiliza esta base de conocimientos para analizar una situación y tomar una decisión o proponer un curso de acción. Debido al empeño en que las máquinas actúen como las personas, es difícil precisar el comienzo del desarrollo de los ES. Sin embargo, y principalmente por cuestiones de tipo tecnológico, puede decirse que su nacimiento oficial coincide en el tiempo con el de los DSS, a principios de la década de los 70, evolucionando su definición, concepción y principios teóricos con su comercialización. ⁽⁷⁾

Igual que los DSS, los ES se utilizan en una amplia variedad de áreas. Pero su funcionamiento, siendo similar al de los DSS, es distinto. Así, por ejemplo, un ES en medicina podría utilizar la base de conocimientos de un médico concreto para

diagnosticar una enfermedad o recomendar un tratamiento. Un ES en ingeniería podría utilizar la base de conocimientos de un ingeniero determinado para diseñar una estructura y de forma similar, podría emplearse un ES en el contexto judicial para resolver litigios de pequeña dimensión y carácter vecinal. Pero en cualquier caso el conocimiento sobre el que se apoyan en su toma de decisiones está referido a una experiencia concreta y por tanto no es objetivo o neutral cuando decide.

Los ES pueden ser muy útiles en situaciones donde es difícil obtener consejos de expertos en persona, ya que proporcionan información y propuestas basadas en el conocimiento y la experiencia de expertos. Sin embargo, por apoyarse en bases de conocimientos que no tienen por qué estar consensuadas en cierta área de aplicación, los ES no pueden reemplazar completamente a los expertos humanos y deben utilizarse con prudencia.

Las componentes de un ES pueden variar entre aplicaciones, pero como denominador común, constan de los siguientes módulos:

- base de conocimientos que en esencia es un repositorio de hechos, almacena todo el conocimiento que se tenga sobre el dominio del problema, es como un gran contenedor del conocimiento que se obtiene de uno o de diferentes expertos en un campo específico;
- motor de inferencia que contiene el conjunto de reglas que han de aplicarse para resolver un problema, se relaciona directamente con la base de conocimientos y cuando intenta responder a la consulta del usuario, selecciona los hechos y reglas que hay que aplicar; también realiza razonamientos a partir de la información de la base de conocimientos y ayuda en los procesos de deducción que haya que aplicar para encontrar una solución;
- interfaz de usuario que es la parte más crucial de un ES, este componente toma la consulta del usuario de forma legible y la pasa al motor de inferencia para, a continuación, mostrarle también los resultados al usuario; en otras palabras, es una interfaz que ayuda al usuario a comunicarse con el ES.

Como es patente, el correcto desempeño de un ES depende, principalmente, de la veracidad y exactitud del conocimiento que incorpore. Debido a las componentes que los integran y a sus funciones, los ES suelen considerarse inteligentes, ya que utilizan el conocimiento y la experiencia de expertos para tomar decisiones o proponer cursos de acción. Sin embargo, los ES tienen un alcance limitado en términos de su capacidad para aprender y adaptarse a situaciones nuevas o inesperadas, independientemente de que carecen de funcionalidades autónomas cuando se enfrentan a situaciones no contempladas en la base de conocimiento.

Téngase en cuenta que un ES está programado con una base de conocimientos específica y puede utilizar esta base de conocimientos para tomar decisiones o hacer propuestas de acción en situaciones que se ajusten a esta base de conocimientos, es decir, limitado a la experiencia del experto o conjunto de expertos a partir de los que se ha diseñado. Sin embargo, si se presenta una situación que no está incluida en la base de conocimientos del sistema, el ES no sabrá cómo reaccionar y no será capaz de proporcionar una respuesta adecuada. Es decir, carecen de la capacidad de generalizar.

Por lo tanto, aunque los ES pueden ser útiles en situaciones específicas y pueden tomar decisiones y hacer propuestas basadas en el conocimiento y la experiencia de expertos, no son tan flexibles o adaptables como otros tipos de sistemas inteligentes, como los sistemas de aprendizaje automático o los agentes inteligentes. Las personas razonamos porque pensamos, pero los computadores, y por tanto los ES, razonan sin pensar, es decir, están dotadas de razonamiento, pero no de pensamiento, por lo menos no lo están en la misma medida que las personas. Las máquinas razonan deductivamente por medio de algoritmos, en tanto las personas también lo hacemos de forma inductiva y no necesariamente algorítmica. ⁽⁸⁾

Así, para resumir, podemos decir por un lado que un ES puede verse como un tipo específico de DSS que se basa en el conocimiento y la experiencia de un experto en un campo particular. Estos sistemas se utilizan para simular el razonamiento y la toma de decisiones de un experto humano en una determinada área de conocimientos, y se basan en un conjunto de reglas y principios que han sido programados en el sistema por un experto en ese campo.

Por otro lado un DSS puede ser cualquier sistema informático que se utilice para apoyar el proceso de toma de decisiones, y no tiene que apoyarse necesariamente en el conocimiento y la experiencia de un experto en un campo específico. Los DSS pueden utilizarse para analizar y evaluar diferentes opciones o alternativas basándose en datos y hechos disponibles, y pueden proporcionar opciones o recomendaciones a un usuario humano o a otra computadora.

Por tanto, la principal diferencia entre un ES y un DSS es que el primero se basa en el conocimiento y la experiencia de un experto en un campo específico, mientras que el segundo puede utilizarse para apoyar la toma de decisiones en una amplia gama de campos sin basarse necesariamente en el conocimiento y la experiencia de un experto.

Una herramienta más general que las anteriores, más moderna y casi exclusivamente asociada al área de la IA son los denominados sistemas automatizados de decisión (ADS

por las siglas en inglés de *Automated Decision-Making Systems*), cuya principal misión es tomar decisiones de forma automatizada, es decir, decidir empleando exclusivamente medios tecnológicos sin que haya intervención humana. La toma de decisiones automatizadas es un proceso (computacional), que incluye técnicas y enfoques de IA que, alimentado por entradas y datos recibidos o recogidos del entorno, puede generar, dado un conjunto de objetivos predefinidos, salidas en una amplia variedad de formas (contenidos, valoraciones, recomendaciones, decisiones, predicciones, etc.). ⁽⁹⁾

Se define un ADS como cualquier herramienta, *software*, sistema, proceso, función, programa, método, modelo o fórmula diseñada computacionalmente, o que utiliza la computación para automatizar, analizar, ayudar, aumentar y reemplazar decisiones gubernamentales, juicios o implementación de políticas. ⁽¹⁰⁾

Los ADS afectan a las oportunidades, el acceso, las libertades, la seguridad, los derechos, las necesidades, el comportamiento, la resiliencia o el *estatus* mediante la predicción, la puntuación, el análisis, la clasificación, la demarcación, la recomendación, la asignación, la enumeración, la clasificación, el seguimiento, el mapeo, la optimización, la imputación, la inferencia, el etiquetado, la identificación, la agrupación, la exclusión, la simulación, el modelado, la evaluación, la fusión, el procesamiento, la agregación o el cálculo.

Por tanto un ADS incorpora 4 componentes: la tecnológica, que permite su funcionamiento automatizado; una base de modelos de decisión, que facilita la toma de decisiones a partir de modelos conocidos; un módulo con los algoritmos y modelos de *machine learning*, de aprendizaje automático o de descubrimiento de conocimiento, que caracterizan el comportamiento inteligente del ADS y una base de reglas y hechos que definen el contexto en el que se desenvuelve en cada caso el sistema. Además, a esos 4 componentes principales hay que acoplarles la base de reglas que representan el conocimiento de los expertos en el área concreta en la que se vaya a aplicar el ADS.

La simple comparación de los componentes que definen cada uno de los 3 sistemas, hasta aquí descritos, debe servir para distinguir perfectamente DSS, ES y ADS y sus diferentes orientaciones prácticas, destacando los ADS como los más apropiados para reproducir conductas inteligentes, y por tanto para ser aplicados en ámbitos donde se quiera sustituir el desempeño de las personas por el de sistemas basados en IA.

A la forma como deciden los DSS, ES o ADS se la denomina: con personas alrededor del bucle; con personas en el bucle y sin personas en el bucle, respectivamente, para expresar que en el primer caso es cada usuario quién decide, independientemente del DSS, que solo aporta información; en el segundo, el usuario es quién toma la última decisión, que eventualmente

puede coincidir con la del ES; y, en el tercero es el ADS quién decide el curso de acción de forma independiente. ⁽¹¹⁾

Digitalización y transformación digital

Cuando tomamos la decisión de iniciar la transformación digital de algún sistema, supuesto que contamos con el equipamiento necesario para luego desarrollarla, tendremos que movernos en 2 niveles. El primero considerará incorporar la tecnología al sistema en transformación, lo que evidentemente conllevará la transformación de los datos a formatos adecuados al nuevo modelo que se pondrá en marcha. Así, por ejemplo, si toda nuestra información está en algún soporte clásico, típicamente papel, se habrá de digitalizar. En el segundo nivel habrá que abordar la transformación en sí del sistema, es decir, habrá que acometer el cambio de modelo organizativo, la forma de comunicación con los usuarios y los procesos propios de los que se ocupa ese sistema en transformación, aprovechando las oportunidades de mejora que ofrece la tecnología digital.

Comenzar todo ese largo y complicado proceso pensando en el final, es decir, iniciar toda la transformación digital decidiendo qué herramientas tecnológicas digitales usaremos al final para el funcionamiento normal del sistema, es como empezar una casa por el tejado. No quiere decir que no tengamos pensado que la casa deberá tener un tejado, sino que antes de empezar a ver el material que tendrá el tejado que pondremos, habrá que disponer de terreno para la construcción, permiso para construir, tener una estructura, etc.

Por tanto, y entrando de lleno en el tema que nos preocupa, antes de incorporar herramientas basadas en IA en nuestro sistema, se habrá tenido que realizar la digitalización y la transformación digital de dicho sistema. Alcanzado ese punto es cuando tiene sentido empezar a implementar herramientas tecnológicas avanzadas, ya estén basadas en IA o no, para facilitar los servicios que la sociedad demanda, y para eso necesitamos saber distinguir entre digitalización y transformación digital.

En términos muy generales, la digitalización es el proceso de conversión de medios analógicos a digitales. El formato digital utiliza los dígitos 0 y 1 para interpretar los datos recibidos y enviados, es decir, la información se genera bajo la tecnología computacional. La música, la fotografía o el cine, por ejemplo, antes se reproducían en medios analógicos y ahora se almacenan mayoritariamente en unidades digitales, por lo que decimos que se han digitalizado. Lo mismo empieza a suceder por ejemplo en las administraciones públicas, donde cada vez se usa menos el formato sobre papel y la mayoría de los documentos y procesos se han digitalizado. Así, la digitalización supone la representación digital del sistema considerado con la ayuda de medios digitales.

En buena parte de nuestro entorno socioeconómico ya se han abordado múltiples proyectos para la digitalización de las administraciones públicas, que van desde la digitalización de documentos, hasta la necesaria formación para aprovechar las aplicaciones desarrolladas y servicios ofrecidos, pasando por el uso del correo electrónico, el archivo digital y otros muchos que cada vez más están en pleno desarrollo.

La transformación digital de un sistema es algo más que su digitalización, puesto que es un conjunto de actuaciones orientadas a la mejora y modernización de los procedimientos y hábitos de comportamiento del sistema, que haciendo uso de las tecnologías digitales, buscan mejorar su competitividad estratégica en términos de modernización, eficiencia y eficacia.

La transformación digital de un sistema, ya sea jurídico, sanitario o educativo exige que se revisen sus modelos de funcionamiento, de operaciones y su estrategia tecnológica, lo que conlleva un cambio cultural a todos los niveles, en el que el menos importante no es el formativo, puesto que responsables de la gestión y usuarios han de adquirir una sólida formación, de cara a desenvolverse con soltura en el nuevo sistema transformado y poder aprovechar todo su potencial. Así, la transformación digital comienza por el cambio de la organización y de la estrategia del correspondiente sistema, con nuevos modelos de funcionamiento, nuevos productos y servicios, nuevos canales de comunicación y contacto con los usuarios y por supuesto nuevas formas de relación entre sus propios agentes y responsables en todos los niveles.

Por tanto, aunque digitalización y transformación digital están fuertemente interrelacionadas y pueden solaparse, se distinguen claramente porque la primera tiene que ver con las operaciones y los procesos, mientras que la segunda se refiere al modelo y las interacciones entre los actores que intervengan en cada caso, para lo cual es imprescindible una dirección unificada que, poniendo el objetivo en las personas, garantice la interoperabilidad de los sistemas, el acceso múltiple y seguro a las bases de datos y evite derivas a escenarios no previstos o desconocidos debidas a decisiones contradictorias o no respetadas por responsables y usuarios, debido a diferentes motivos.

Se trata en definitiva de que la dirección de la transformación digital que se esté llevando a cabo también se ocupe y se preocupe de lo que se conoce como la gestión del cambio, centrándose en las personas y anteponiendo estas a la tecnología. Si una transformación digital no cuenta con el acuerdo, la flexibilidad y la complicidad de las personas a las que va dirigida y de las que se encargan de su desarrollo, la probabilidad de que el proceso fracase es muy grande.

Así mismo, esa dirección debe seguir una estrategia independiente de la tecnología, que se ajuste en todo caso a un esquema de gobernanza que permita que las decisiones impor-

tantes sobre las tecnologías se tomen en el nivel adecuado y de forma encajada, teniendo especial cuidado en priorizar aquellos proyectos basados en las tecnologías que aporten mayor valor al sistema, ya que generalmente los recursos serán muy limitados cuando no escasos. El seguimiento del desarrollo de la estrategia, de la gestión del cambio, del esquema de gobernanza y de los resultados que proporciona el sistema de prioridades establecido deben poder medirse, para poder controlar el nivel de madurez digital que va alcanzando el sistema, preocupándose por analizar las tecnologías emergentes, como por ejemplo puede ser el caso de la ciencia de datos, los asistentes virtuales, la realidad aumentada, las analíticas de aprendizaje o la propia IA.

A ese nuevo escenario completamente digitalizado, resultado de la estrategia inicialmente diseñada, es hacia el que hay que enfocar las herramientas que sean necesarias, ya sean basadas en IA o no, la viabilidad de su implementación y como se realizará su continua optimización, acciones de mejora y adecuación a las normativas vigentes que les sean de aplicación en cada momento, en cada ámbito y en cada localización geográfica.

En cualquier caso, conviene no perder de vista que sea el dominio que sea, no se puede considerar a la IA como si fuera el bálsamo de Fierabrás para resolver cualquier problema, necesite o no del concurso de la IA y recurriendo a ella en todos los ámbitos, ramas y circunstancias, aunque el problema en cuestión esté bien resuelto con otros métodos que no necesitan el empleo de sistemas basados en IA. Muy al contrario, para desarrollar alguna aplicación basada en técnicas y metodologías propias de la IA, es prioritario validar la conveniencia de su uso, su viabilidad y definir el campo de aplicación, con la recomendación práctica de que cuanto más especializado sea éste, mejores resultados tendremos.

Sistemas automatizados de decisión en la práctica

¿Por qué preferimos usar el término ADS y no empleamos directamente el de IA cuando abordamos una decisión automatizada que incide sobre personas?

Como se sabe la IA es un campo de investigación y desarrollo de las Ciencias de la Computación que se ocupa del aprendizaje automático y de la automatización de las tareas relacionadas con el conocimiento. Pero ese término sugiere cercanía a la inteligencia humana y, por tanto, evoca algo parecido a la responsabilidad por las consecuencias de las decisiones que se tomen. Por eso suele aceptarse mejor, por ser además más apropiado, el término ADS, que con mucha frecuencia utilizamos en su lugar, dándole un valor de sinónimo. Suele decirse que todo lo que se programa es tan bueno como quien hizo el programa, y como los ADS están contruidos por personas,

esos sistemas estarán sujetos a los mismos sentimientos y restricciones a los que sus diseñadores estén sujetos en su vida cotidiana, aunque sea de forma inconsciente.

Desde ese punto de vista el uso de ADS puede dar lugar a resultados injustos, incluso discriminatorios, que pueden tener efectos negativos en la vida de las personas. Los ADS no son neutrales ni objetivos. Deben entenderse como sistemas que surgen en un contexto social concreto y están influidos por las estructuras y relaciones (sin excluir las de poder) que prevalecen en ellos.

Los prejuicios inconscientes, la desigualdad estructural y la discriminación que son comunes en las sociedades también impactan en los ADS porque esos sistemas reflejan los supuestos, valores, perspectivas, prejuicios y sesgos de las personas que los desarrollan y aplican. Esto es así porque las personas toman decisiones en diferentes momentos del desarrollo y la aplicación de estos sistemas, así como en contextos distintos de los que inicialmente pudieran estar previstos por sus diseñadores.⁽¹²⁾ En el peor de los casos, estas decisiones conducen a una discriminación no deseada.

Está claro por tanto que cuando los ADS, y los algoritmos y programas en los que se basan, están diseñados con técnicas y metodologías de IA y, por tanto, basadas en el comportamiento de las personas, a veces, pueden surgir problemas a la hora de conocer y aceptar las decisiones que toma dicho sistema, porque podemos sentirnos amenazados por creernos que esas máquinas realizan nuestros trabajos mejor que nosotros, o porque nadie sepa explicar el comportamiento que tienen cuando actúan saliéndose de lo previsto, produciendo sesgos indeseables, soluciones no sostenibles o, en definitiva, porque consideremos que no tienen un comportamiento ético.

Pero es que los ADS utilizan algoritmos, que no son más que una forma específica de instrucciones que conduce a la solución de un problema matemático. Los algoritmos describen un camino de solución, perfectamente interpretable por el computador, es decir exento de ambigüedades, que computa la solución correcta en tiempo finito para cada posible entrada definida para el problema planteado. En resumen, los ADS toman decisiones a partir de modelos, actuando siempre en base a algoritmos.

Así, los ADS pueden apoyar o proponer decisiones haciendo recomendaciones o procesando datos. Por ejemplo, se podría utilizar un ADS para construir una lista de candidatos que cumplan determinados criterios de entre un gran número de aspirantes a un apartamento. A partir de esta lista, una persona ha de decidir a quién invitar a visitar el apartamento. Si la ejecución de una decisión se delega por completo en un ADS, ningún humano intervendrá en la formulación del resultado, y ahí pueden surgir problemas por disconformidades con la solución propuesta.

En el funcionamiento de los ADS influyen 2 tipos de algoritmos que conviene distinguir: los algoritmos basados en instrucciones y los algoritmos de aprendizaje. En un algoritmo basado en instrucciones, una persona programa explícitamente las reglas que ejecuta el algoritmo. Un ejemplo de ello son los formularios *online*. Como es patente, estos formularios resuelven importantes problemas de acceso, de transparencia, etc. Pero también es obvio que con más frecuencia de la debida provocan disfunciones indeseables, como por ejemplo ocurre a menudo al no poder rellenar el formulario si no se tiene un nombre y apellidos conforme con las reglas que quién diseñó ese formulario estableció.

Los algoritmos de aprendizaje, por su parte, intentan "aprender" reglas a partir de datos preexistentes que conducen a un resultado deseado en una fase inicial. Las personas pueden ayudar en esta fase aportando los datos disponibles para el entrenamiento, por ejemplo, marcando los datos que contienen el resultado deseado. En la siguiente fase, el algoritmo "aplica" las reglas aprendidas a datos similares pero desconocidos para obtener un resultado correcto. En este caso, los datos que se han utilizado en la primera fase tienen una gran influencia en las reglas aprendidas y, por tanto, en el resultado. Pero como la selección hecha en la primera fase es subjetiva, los resultados que se alcancen obedecerán a esa subjetividad previa.

Independientemente de los algoritmos utilizados, y como se ha referido antes, hay que tener en cuenta el contexto para comprender mejor los ADS, ya que tiene perfecto sentido considerar los ADS como sistemas propios de un ecosistema concreto, incorporando por tanto en sus análisis los componentes sociales además de los técnicos. ⁽¹²⁾ Ese contexto histórico, económico y social específico influye en los ADS y caracteriza su desempeño. Pero los sistemas, a su vez, influyen en grupos e individuos concretos de esa sociedad, de ese ecosistema, así como en el desarrollo de la sociedad en su conjunto. Esta influencia puede ser negativa y a veces provocar desventajas o discriminación. ⁽¹³⁾

No obstante, esa es la versión que se ve desde el lado del usuario de IA, es decir, de quién recibe el resultado de la aplicación de ese ADS. Porque desde el lado del diseñador de dicho sistema, a veces los resultados se ajustan exactamente a lo que conscientemente se había previsto en el algoritmo de origen y el correspondiente *software* que llega a los usuarios. El rango de posibilidades es más que amplio, transitando desde comportamientos indebidos a causa de errores fortuitos, indeseables pero inevitables, y con los que en todo caso hay que contar, hasta la comercialización totalmente interesada de ADS en los que su buen uso no está asegurado en ningún sentido o, aún peor, no están siquiera basados en IA (cada vez proliferan más los productos con el sello "basado en IA" que

nadie sabe en qué consiste, ni que es, ni cómo funciona, pero que actúa como poderoso reclamo publicitario).

En cualquier caso, y desde un punto de vista muy general, es obvio que el nivel ético de un cierto *software* basado en IA es contexto-dependiente, entendiéndose por tanto que mientras que en cierto escenario una actuación puede tacharse de falta de ética, en otros puede entenderse como idónea, dando lugar a situaciones contradictorias difíciles de comparar porque ni disponemos de herramientas que nos permitan valorar el comportamiento ético de un sistema basado en IA, ni lo que es peor, de legislación suficiente que lo regule.

No obstante, empiezan a producirse, avances en esa línea y, poniendo como ejemplo a España, recientemente se ha promulgado una Ley integral para la igualdad de trato y la no discriminación, que en su artículo 23, sobre la IA y los mecanismos de toma de decisiones automatizados, establece: ⁽¹⁴⁾

- En el marco de la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial, de la Carta de Derechos Digitales y de las iniciativas europeas en torno a la Inteligencia Artificial, las administraciones públicas favorecerán la puesta en marcha de mecanismos para que los algoritmos involucrados en la toma de decisiones que se utilicen en las administraciones públicas tengan en cuenta criterios de minimización de sesgos, transparencia y rendición de cuentas, siempre que sea factible técnicamente. En estos mecanismos se incluirán su diseño y datos de entrenamiento, y abordarán su potencial impacto discriminatorio. Para lograr este fin, se promoverá la realización de evaluaciones de impacto que determinen el posible sesgo discriminatorio.
- Las administraciones públicas, en el marco de sus competencias en el ámbito de los algoritmos involucrados en procesos de toma de decisiones, priorizarán la transparencia en el diseño y la implementación y la capacidad de interpretación de las decisiones adoptadas por los mismos.
- Las administraciones públicas y las empresas promoverán el uso de una IA ética, confiable y respetuosa con los derechos fundamentales, siguiendo especialmente las recomendaciones de la Unión Europea en este sentido.
- Se promoverá un sello de calidad de los algoritmos.

La preocupación por todas las versiones que pueden tomar las múltiples y diferentes versiones de sesgos, discriminaciones, disfunciones, etc. no solo es legítima, sino que es una obligación que nos concierne a todos. Por eso es absolutamente prioritario que, junto con los procesos de transformación digital que se vayan realizando, cuando esas transformaciones supongan el uso, en cualquier sentido, de sistemas basados en IA, típicamente ADS, en todos los casos estén reguladas y controladas por agencias de supervisión que puedan actuar con plena independencia orgánica y

funcional de las administraciones públicas, de forma objetiva, transparente e imparcial, llevando a cabo medidas destinadas a la minimización de riesgos significativos sobre la seguridad y salud de las personas, así como sobre sus derechos fundamentales, que puedan producirse a causa del uso de ADS, y se encargue del desarrollo, supervisión y seguimiento de los proyectos enmarcados dentro de las estrategias para el avance de la IA que cada gobierno tenga establecidas así como, en el caso europeo, de aquellos impulsados por la Unión Europea, en particular los relativos al desarrollo normativo sobre la IA y sus posibles usos en general.

El caso cubano

En el Plan nacional de desarrollo económico y social hasta 2030 de Cuba: Propuesta de visión de la nación, ejes y sectores económicos estratégicos, se definen como ejes estratégicos los siguientes: ⁽¹⁵⁾

- gobierno eficaz y socialista e integración social,
- transformación productiva e inserción internacional,
- infraestructura;
- potencial humano, ciencia, tecnología e innovación;
- recursos naturales y medio ambiente,
- desarrollo humano, equidad y justicia.

Estos ejes estratégicos se han estructurado en la actualidad en macroprogramas, programas y proyectos. Como se puede apreciar del análisis realizado antes, en prácticamente todos los ejes estratégicos la transformación digital está presente. De igual forma, en el Plan nacional de desarrollo económico y social hasta 2030, se definen como sectores económicos estratégicos los siguientes:

- construcciones,
- electroenergético,
- telecomunicaciones, tecnologías de la información y conectividad;
- logística integrada de transporte, almacenamiento y comercio;
- logística integrada de redes e instalaciones hidráulicas para el consumo productivo y de la población;
- turismo y su diversificación,
- los servicios profesionales,
- agroindustria no azucarera e industria alimentaria,
- farmacéutico, biotecnológico y producciones biomédicas;
- agroindustria azucarera y de sus derivados,
- industria ligera.

De ellos el sector c explícitamente tiene que ver con el análisis que hemos realizado en este trabajo, pero en todos los demás resulta necesario considerarlo. La solución de problemas en los sectores estratégicos utilizando las tecnologías

antes mencionadas resulta imprescindible si se quiere incrementar la eficiencia o eficacia de la vida socioeconómica del país. El mejoramiento en el diseño y construcción de edificios u otras obras, la gestión del sistema electroenergético, los problemas de gestión de las redes de comunicación o la seguridad de estas, la optimización de rutas de distribución, los sistemas de ayuda a turistas (sistemas de recomendación, o sistemas para la minería de opinión), el diseño computacional de fármacos (la bioinformática), el diseño de nuevos productos, problemas en la implantación de la Industria 4.0 (I-4.0), el desarrollo de ciudades inteligentes; todos son ejemplos de problemas donde es necesario considerar el empleo de estas tecnologías. Por otra parte, en otras áreas de la sociedad, como la salud y la educación, también tienen un papel destacado. Las aplicaciones en la salud son reconocidas como uno de los campos más fértiles para el desarrollo de la IA o sus técnicas asociadas, incluyendo el análisis de poblaciones, la medicina personalizada y los sistemas para el diagnóstico y el cuidado del adulto mayor.

Para proyectar el proceso de transformación digital de la sociedad cubana se trabaja en elaborar la llamada Agenda Digital Cubana 2030, que es un documento que se propone definir la estrategia para lograr que las tecnologías digitales sean habilitadoras del desarrollo social y económico del país. ⁽¹⁶⁾ También las tecnologías digitales están consideradas como uno de los 3 ejes de la gestión de gobierno, lo cual denota su carácter transversal. Las tecnologías y conceptos tratados en este trabajo pueden ser considerados en este camino; pues la IA es considerada como una de las tecnologías habilitadoras de ese desarrollo.

Dado el nivel de desarrollo socioeconómico de Cuba y del estado de la IA y las otras tecnologías analizadas en este trabajo, hay que desarrollar una proyección agresiva para poder convertir a estas tecnologías en motores del desarrollo del país. Para ello se pueden plantear al menos 3 líneas de trabajo principales a definir: el ciclo I+D+i en este campo, la formación de los recursos humanos a todos los niveles (incluyendo especialistas en el campo, decisores y usuarios), y la formulación de las bases éticas y legales para el desarrollo, implantación y explotación de estas tecnologías.

Conclusiones

La transformación digital de la sociedad es un fenómeno imparable al que hay que enfrentarse decididamente para mantener las conquistas sociales alcanzadas. Los responsables gubernamentales tienen que potenciar la formación y capacitación de la ciudadanía en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación y muy especialmente en el de la IA. Una manera importante de garantizar explicabilidad y transparencia del desempeño de los ADS puede ser

potenciando el uso de datos y *software* libre en el diseño, implementación y explotación de dichos sistemas. La regulación estricta de la IA se hace un deber tan inexcusable como urgente, que podría acelerarse de existir agencias de supervisión de la IA. La protección de los datos personales es esencial para garantizar la privacidad, seguridad y reputación de las personas, así como para cumplir con las leyes y regulaciones aplicables.

Conviene puntualizar que cuando se escribieron estas consideraciones sobre la digitalización, la transformación digital y los elementos de la IA ligados a estos procesos, aún la IA no había alcanzado el grado de notoriedad actual, potenciado por el descubrimiento para el público en general de los grandes modelos de lenguajes (en especial ChatGPT) y en general la llamada IA generativa. No obstante, los autores consideran que a pesar de esta dinámica tan fuerte de todo lo relacionado con el desarrollo, y sobre todo divulgación de la IA y sus aplicaciones, el análisis que se presenta, en lugar de quedar relegado se hace más pertinente, pues ahora seguramente despertará el interés de un auditorio mayor. No todo en el desarrollo actual está basado en la IA generativa, por el contrario, un proceso riguroso de aplicaciones de las tecnologías de la información requiere de un proceso ordenado y paulatino de empleo de estas tecnologías, respetando los tiempos y niveles de desarrollo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Torres D. Qué es la transformación digital, su importancia y ejemplos exitosos. Disponible en: <https://blog.hubspot.es/sales/transformacion-digital>
2. Legg S, Hutter M. A Collection of Definitions of Intelligence. In B. Goertzel and P. Wang (eds.), *Advances in Artificial General Intelligence: Concepts, Architectures and Algorithms*. 2007;157:17-24, IOS Press.
3. European Commission. Directorate-General for Communication: High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. A definition of AI: Main capabilities and scientific disciplines. Disponible en: https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/ai_hleg_definition_of_ai_18_december_1.pdf
4. Gorry A, Scott Morton MS. A Framework for Information Systems. *Sloan Management Review*. Fall 1971;13(1):56-79.
5. Little JD. Models and Managers: The Concept of a Decision Calculus. *Management Science*. April 1970;16(8):466-85.
6. Keen PG, Scott Morton MS. *Decision Support Systems: An Organizational Perspective*. Reading, Massachusetts. 1978.
7. Hayes-Roth F, Waterman DA, Lenat DB. *Building Expert Systems*. Addison-Wesley, 1983.
8. Trillas Ruiz E. Divagaciones sobre pensar y razonar. *Editorial Universidad de Granada*. 2021:1-244.
9. Guiding Principles for Automated Decision-Making in the EU. *Eli Innovation paper* (2022). Disponible en: https://www.european-lawinstitute.eu/fileadmin/user_upload/p_eli/Publications/ELI_Innovation_Paper_on_Guiding_Principles_for_ADM_in_the_EU.pdf

10. Richardson R. Defining and Demystifying Automated Decision Systems. *81 Maryland Law Review*. 2021;81(3):785-840
11. Ivanov SH. Automated decision-making, *Foresight* (En prensa). <https://doi.org/10.1108/FS-09-2021-0183>
12. Lamata MT, Pelta DA, Verdegay JL. Fuzzy information and contexts for designing automatic decision-making systems. In *Advances in Artificial Intelligence: 18th Conference of the Spanish Association for Artificial Intelligence, CAEPIA 2018, Granada, Spain, October 23-26, 2018; Proceedings 18-2018*:174-83. Springer International Publishing.
13. AlgorithmWatch: Automated Decision-Making Systems and Discrimination. Understanding causes, recognizing cases, supporting those affected. A guidebook for anti-discrimination counselling. 2022. Disponible en: <https://algorithmwatch.org/en/autocheck/>
14. BOE-A-2022-11589: Ley integral para la igualdad de trato y la no discriminación. Jefatura del Estado. *BOE*. 2022;(167). Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2022/BOE-A-2022-11589-consolidado.pdf>
15. Plan nacional de desarrollo económico y social hasta 2030 de Cuba: Propuesta de visión de la nación, ejes y sectores económicos estratégicos. 2019. Disponible en: <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-nacional-de-desarrollo-economico-y-social-2030-de-cuba-0>
16. El Primer paso hacia la Agenda Digital Cubana 2030. 2022. Disponible en: <https://www.jovenclub.cu/transformarnos-el-primer-paso-hacia-la-agenda-digital-cubana-2030/>

Recibido: 28/06/2024

Aprobado: 28/08/2024

Conflictos de intereses

No concurren circunstancias relativas a cualquier tipo de conflictos de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Rafael Bello, José Luis Verdegay
Análisis formal: Rafael Bello, José Luis Verdegay
Adquisición de fondos: Rafael Bello, José Luis Verdegay
Investigación: Rafael Bello, José Luis Verdegay
Metodologías: Rafael Bello, José Luis Verdegay
Administración de proyecto: Rafael Bello, José Luis Verdegay
Software: Rafael Bello, José Luis Verdegay
Supervisión: Rafael Bello, José Luis Verdegay
Validación: Rafael Bello, José Luis Verdegay
Visualización: Rafael Bello, José Luis Verdegay
Redacción-borrador original: Rafael Bello, José Luis Verdegay
Redacción-revisión y edición: Rafael Bello, José Luis Verdegay

Financiamientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos TED2021-131127B-I00, B-TIC-640-UGR20 y PID2020-112754GB-I0.

Cómo citar este artículo

Verdegay, JL, Bello R. Digitalización y transformación digital para una Inteligencia Artificial eficaz. *An Acad Cienc Cuba* [internet] 2024 [citado en día, mes y año];14(2):e1622. Disponible en: <http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/1622>

El artículo se difunde en acceso abierto según los términos de una licencia Creative Commons de Atribución/Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), que le atribuye la libertad de copiar, compartir, distribuir, exhibir o implementar sin

permiso, salvo con las siguientes condiciones: reconocer a sus autores (atribución), indicar los cambios que haya realizado y no usar el material con fines comerciales (no comercial).

© Los autores, 2024.

