

AI



ACTOS INTERNACIONALES EN BARCELONA



*Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras*

**INTELIGENCIA ARTIFICIAL:  
INNOVACIONES ECONÓMICAS Y SOCIALES**  
SOLEMNE ACTO ACADÉMICO CONJUNTO  
ENTRE LA UNIVERSIDAD DE KRAGUJEVAC  
Y LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS  
ECONÓMICAS Y FINANCIERAS

*Barcelona, 19 - 23 de abril de 2023*





INTELIGENCIA ARTIFICIAL:  
INNOVACIONES ECONÓMICAS Y SOCIALES

Solemne Acto Académico conjunto entre la Universidad de Kragujevac  
y la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras

La realización de esta publicación  
ha sido posible gracias a



con la colaboración de



Fundación "la Caixa"

con el patrocinio de





INTELIGENCIA ARTIFICIAL:  
INNOVACIONES ECONÓMICAS Y SOCIALES

Solemne Acto Académico conjunto entre la Universidad de Kragujevac  
y la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras

## Publicaciones de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras

### Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras

“Inteligencia Artificial: Innovaciones Económicas y Sociales”. / Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.

#### Bibliografía

ISBN- 978-84-09-59594-5

I. Título II. Gil Aluja, Jaime III. Colección

1. Economía 2. Tecnología 3. Inteligencia Artificial

La Academia no se hace responsable de las opiniones científicas expuestas en sus propias publicaciones.

(Art. 41 del Reglamento)

---

---

Editora: ©2024 Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras, Barcelona.

Fotografía portada: [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

Académica Coordinadora: Dra. Ana Maria Gil-Lafuente

ISBN- 978-84-09-59594-5

Depósito legal: B 6943-2024



---

Obra producida en el ámbito de la subvención concedida a la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

Esta publicación no puede ser reproducida, ni total ni parcialmente, sin permiso previo, por escrito de la editora. Reservados todos los derechos.

---

Imprime: Ediciones Gráficas Rey, S.L.—c/Albert Einstein, 54 C/B, Nave 12-14-15  
Cornellà de Llobregat—Barcelona  
Impresión Marzo 2024

---



*Esta publicación ha sido impresa en papel ecológico ECF libre de cloro elemental, para mitigar el impacto medioambiental*

# REAL ACADEMIA DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS

Solemne Acto Académico conjunto entre la Universidad de Kragujevac  
y la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras

19 - 23 DE ABRIL DE 2023

“Inteligencia Artificial: Innovaciones Económicas y Sociales”

## ACTO ACADÉMICO

### APERTURA Y PRESENTACIÓN

**Dr. Jaime Gil Aluja**

Presidente de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras  
“*La Inteligencia Artificial en la economía humanista*”

### SESIÓN ACADÉMICA

**Dr. Nenad Filipovic**

Rector de la Universidad de Kragujevac  
“*Cost-effectiveness of AI solutions in biomedical applications*”

**Dr. Janusz Kacprzyk**

Académico Correspondiente por Polonia de la Real Academia de Ciencias  
Económicas y Financieras  
“*Artificial Intelligence as a new technological change and its related economic  
and social consequences*”

**Dr. Vicente Liern**

Académico de Número de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.  
“*La inteligencia artificial y la generación de decisiones sostenibles y humanistas*”



PROGRAMA

**Dr. Veljko Marinkovic**

Profesor de la Facultad de Económicas de la Universidad de Kragujevac  
*“Applications of structural equation modelling in business studies: testing and evaluating multivariate causal relationships”*

**Dr. José Daniel Barquero**

Académico de Número de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.  
*“Inteligencia Artificial: innovaciones económicas cuánticas y sociales”*

**Dra. Tijana Geroski**

Profesora Asistente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Kragujevac  
*“Governing AI in research and innovation projects considering ethical and legal aspects”*

**Dr. Valeriu Ioan Franc**

Académico Correspondiente por Rumania de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.  
*“L’intelligence artificielle - opportunités, responsabilité, inquiétudes”*

**Dr. Arturo Rodríguez Castellanos**

Académico de Número de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.  
*“Inteligencia Artificial y gestión empresarial”*

**CLAUSURA ACTO ACADÉMICO**

**Dr. Jaime Gil Aluja**

Presidente de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras  
*“En la búsqueda de una armonía entre inteligencias”*

# ÍNDICE

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS

SOLEMNE ACTO ACADÉMICO CONJUNTO ENTRE  
LA UNIVERSIDAD DE KRAGUJEVAC Y LA REAL ACADEMIA  
DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS

“Inteligencia Artificial: Innovaciones Económicas y Sociales”

19 - 23 DE ABRIL DE 2023

## **APERTURA Y PRESENTACIÓN**

Dr. Jaime Gil Aluja  
Presidente de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras  
*“La Inteligencia Artificial en la economía humanista”* ..... 17

## **SESIÓN ACADÉMICA**

Dr. Nenad Filipovic  
Rector de la Universidad de Kragujevac  
*“Cost-effectiveness analysis of in silico clinical trials of vascular stents”* .. 21

Dr. Janusz Kacprzyk  
Académico Correspondiente por Polonia de la Real Academia de Ciencias  
Económicas y Financieras  
*“Artificial Intelligence as a new technological change and its related  
economic and social consequences: some possible mitigations”* ..... 33

Dr. Vicente Liern  
Académico de Número de la Real Academia de Ciencias Económicas  
y Financieras.  
*“La inteligencia artificial y la generación de decisiones sostenibles  
y humanistas”* ..... 53

## ÍNDICE

Dr. Veljko Marinkovic Profesor de la Facultad de Económicas de la Universidad de Kragujevac <i>“Applications of structural equation modelling in business studies: testing and evaluating multivariate causal relationships”</i> . . . . .	87
Dr. José Daniel Barquero Académico de Número de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras. <i>“Inteligencia Artificial: innovaciones económicas cuánticas y sociales”</i> . . .	111
Dra. Smiljana Tomasevic Profesora Asistente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Kragujevac <i>“Governing AI in research and innovation projects considering ethical and legal aspects”</i> . . . . .	129
Dr. Valeriu Ioan Franc Académico Correspondiente por Rumania de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras. <i>“L’intelligence artificielle - opportunités, responsabilité, inquiétudes”</i> . . . .	131
Dr. Arturo Rodríguez Castellanos Académico de Número de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras. <i>“Inteligencia Artificial y gestión empresarial: algunas reflexiones humanistas”</i> . . . . .	145
<b>CLAUSURA ACTO ACADÉMICO</b>	
Dr. Jaime Gil Aluja Presidente de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras <i>“En la búsqueda de una armonía entre inteligencias”</i> . . . . .	249

# APERTURA Y PRESENTACIÓN



# LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA ECONOMÍA HUMANISTA

## Presentación

Dr. Jaime Gil Aluja

*Presidente de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras*

Dice un adagio extraído de la vieja sabiduría china, a modo de maldición: “Ojala te roque vivir tiempos interesantes”. Pero, hoy, aquí desearía citararlo ante ustedes convirtiendo la maldición en agradecimiento.

Agradecimiento a todos cuantos, con espíritu valiente y honesto, superando los altos muros que se han levantado como consecuencia de una pandemia y de una guerra, han perseverado con tesón en la idea de este encuentro personal hasta conseguir que hoy una representación de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras de España se encuentre aquí, amparada por un objetivo común: buscar nuevos caminos de la Ciencia para conseguir un mundo más justo, más libre, más solidario.

Gracias Excmo. Rector Nenad Fililpovic, gracias Ilmo. Decano Dobrica Milovanovic.

Porque... ¡qué tiempos los nuestros, queridos profesores y académicos!, ¡que desafíos!, ¡que arriesgadas aventuras nos exigen! Pero también, ¡que grandes oportunidades nos ofrecen!

Con curiosidad, no exenta de temor, estamos observando que una cierta Inteligencia Artificial está arrinconando de manera progresiva la noción misma de **ser humano**, ya amenazada, desde hace años, por unas investigaciones impregnadas de un **mecanicismo** obsesionado por una racionalidad sin mestizaje, a pesar que las realidades ponen ante nuestros ojos ejemplos cotidianos de ideas, decisiones y acciones, que contienen simultáneamente

un componente de emoción, un nivel de subjetividad y un nivel de razón, un componente de objetividad.

La ciencia avanza, repetía de manera insistente Albert Einstein, y para que siga haciéndolo, es necesario el **conocimiento** sí, pero sin la **imaginación** es muy difícil la **creación** científica.

Pero es que estos cambios profundos que envuelven nuestras vidas, nos exigen cada vez una mayor **creatividad**, para la elaboración de nuevos elementos teóricos y técnicos que ayuden a los decisores a realizar con éxito el necesario proceso de **adaptación** a los nuevos escenarios que surgen cada vez más rápidamente en nuestras sociedades.

Cuantas veces hemos escuchado decir que el ser humano se distingue de los demás seres vivos por su inteligencia. No lo discutimos, aunque podría haber motivo para ello. Pero, sí, aceptamos sin reparos que la capacidad de adaptación exige un alto nivel de **inteligencia**. Pero...., unas preguntas:

¿Y si esta capacidad de adaptación exige a la inteligencia humana la creación de otra inteligencia?

¿Y si en esta adaptación conjunta, como un agregado, cada vez aprendemos menos y la Inteligencia Artificial, generada por nosotros, aprende cada vez más deprisa?

¿Y si esta Inteligencia Artificial generada acaba por suplantarnos y ser ella la que se adapte a costa nuestra y nos deje a su merced?

Preguntas, siempre preguntas: es todo lo que encontramos en nuestra andadura por los caminos hacia el conocimiento.

Porque, qué otra manera existe de iniciar una colaboración, que deseamos sea fructífera, entre nuestras respectivas instituciones, con un largo recorrido por delante.

Lo estamos haciendo así, a la manera como señalaba Karl Popper, porque la ciencia avanza respondiendo aquellas preguntas que aún quedan sin contestación.

Y lo intentaremos hacer en la línea con la corriente de pensamiento de la economía humanista, porque es en ella donde se inscriben nuestros trabajos de investigación y es la Escuela de Economía Humanista de Barcelona en donde se ponen de relieve nuestras inquietudes y en donde se puede conseguir una eficaz transmisión de los avances que están propiciando un cambio epistemológico en la investigación avanzada de la economía. Quienes fundamos esta corriente de pensamiento, nos sentimos honrados por el continuado reconocimiento a los nuevos logros conseguidos.

Para quienes no se encuentren cerca del ámbito de esta aventura académica, diremos que la economía humanista es una corriente de pensamiento económico que tiene sus más remotos inicios en los últimos años de la década de los 60 del pasado Siglo XX, cuando un grupo de intelectuales europeos se reunían habitualmente en Francia o en Bélgica y luego en España, procedentes de distintos países, ideologías diversas y formación diferentes. Pretendíamos hacer frente a lo que entonces se llamaba **desafío tecnológico**. El grupo se conocía con el nombre de “Quadrivium”

Pero como toda iniciativa humana, nació, se desarrolló, envejeció y murió, con el sucesivo fallecimiento de sus más ancianos promotores. Pero lo que no murió fue su herencia que, con mayor o menor vitalidad, se fue transmitiendo por este ahora viejo profesor, tomando nuevo impulso desde hace dos decenios, como consecuencia de la revolución digital, entre otras causas.

Esto desde un punto de vista formal. Desde una perspectiva material, de una manera somera y hasta casi rudimentaria, se podría decir que la obsolescencia y el desgaste del llamémosle “modelo” económico neoliberal, que ha dominado la economía en el mundo occidental desde mediados del Siglo XX, ha mostrado sus carencias cada vez con más nitidez.



El reinado de la **economía de mercado** propició la privatización frente a la reducción del papel del Estado en la economía, aunque no consiguió una suficiente desregularización y sí unos cambios de sentido de la misma, cuya incidencia, entre otras, fue un capitalismo híbrido que propiciaba una creciente deshumanización.

Y, por eso ahora, en el umbral de una nueva era de digitalización, con originales inteligencias coordinadas entre humanos y máquinas, tiene más actualidad la pregunta sobre si “la maquina” que desarrollará la Inteligencia Artificial generativa permitirá cambiar esta tendencia para volver a colocar al humano en el centro de la actividad económica.

La **Escuela de Economía Humanista de Barcelona** considera que la finalidad de la actividad económica no es, únicamente, la maximización del beneficio, sino que sus objetivos son varios y que, en igualdad de condiciones entre ellos, es necesario establecer un orden de prelación.

Evidentemente, siempre existirá un objetivo individual, pero también resulta necesario tener en cuenta un objetivo social y un objetivo medioambiental, entre otros posibles actuales o futuros. Es, por ello, que la Escuela de Economía Humanista de Barcelona tiene, entre sus valores: la solidaridad, la cooperación, la sostenibilidad y la justicia social. De ahí, el repetido objetivo de: **prosperidad compartida**.

Es por cuanto acabamos de señalar que las tareas que realizamos para transmitir el conocimiento creado o recibido, van siempre acompañadas de esos **objetivos y valores**, formando, así, una idea coherente que sigue, a la vez que guía, una nueva manera de pensar y tratar las realidades económicas actuales y presumiblemente futuras, caracterizadas por la complejidad y la incertidumbre.

Esperamos que ustedes puedan compartir nuestros principios, axiomas, conceptos y operadores, así como los objetivos y valores, aquí expuestos, aún

a sabiendas que la Inteligencia Artificial, como toda tecnología, no es, en sí misma, ni buena ni mala, ni capitalista ni socialista, en términos absolutos: **depende de cómo sea utilizada.**

Es tan cierto este aserto que ya estamos dedicando nuestros primeros proyectos para que la Inteligencia Artificial no sea empleada como lo fueron en las industrias manchesterianas, con vertidos, durante la **Revolución industrial**, en centros de degradación de cuerpos y almas humanas, con subordinación del humano a la máquina.

El primero de estos proyectos se está ya preparando y augura una general aceptación en el mundo de la ciencia: se trata del Seminario que la Real Academia y la Barcelona Economics Network han organizado para los próximos días 24-26 de mayo de 2023 en Barcelona, sobre “Ciberseguridad en la ciencia y en las actividades económicas”.

Creemos sería un error posponer esta iniciativa para el futuro. Reiteramos: se trata de una tarea tan urgente como relevante. Aprendamos de nuestras vivencias. La Inteligencia Artificial está hoy en el punto de mira de todos los humanos, de sus empresas y de sus instituciones, porque es capaz de aprender cada día y cada vez que la utilizamos. En estos momentos está aprendiendo de nosotros a reconocer patrones, procesar lenguajes naturales, hasta a realizar razonamientos lógicos y, en cierto modo, adoptar sus decisiones. Y esto significa que nos encontramos ante un cambio en la forma de gestionar la actividad económica.

Y lo hace así, porque se está instalando en el pensamiento y actividad económica de los grandes y pequeños decisores la idea de que la **Inteligencia Artificial generativa** posee el necesario potencial de mejorar significativamente la eficiencia y la productividad, reducir los costes y aumentar la calidad de los productos fabricados. Como contrapartida, siempre existe una contrapartida, unas limitaciones éticas.

Otra vez preguntas:

¿Estamos preparados para evitar que nuestra sociedad se convierta en un gran mecanismo, en el que unos pocos humanos que programan y utilizan los algoritmos de Inteligencia Artificial detengan el poder y los recursos naturales y los fabricados?

Y, más importante todavía: ¿Estamos preparados para evitar que esta minoría de oligarcas tecnológicos humanos que programa, compra, vende y controla, se convierta en unas pocas máquinas que sometan a los humanos?

En estos momentos nos hallamos en el inicio de un seminario en el que los humanos ponentes van a impartir sus conferencias.

Pue bien, si las máquinas son capaces de elaborar conferencias estructuradas con buen sentido, quizás deberemos revisar, también con buen sentido, el concepto mismo de humano, porque ya no será el único ente capaz de elaborar “conferencias estructuradas con buen sentido.”

Llegamos, así, a las grandes preguntas finales,..., ¡hasta ahora!

¿Qué es, entonces, lo que nos convierte en humanos?

Tampoco es nuestra capacidad de aprender porque ya la tienen las máquinas.

Pero, ¿son capaces, también, de colaborar y competir para generar valor que nos sirva a todos? ¿Sabe la máquina que otras máquinas la necesitan? ¿Siente compasión cuando ve a otra máquina en dificultades? ¿Puede poner las necesidades de otra máquina por delante de las propias? Y en definitiva:

¿Será capaz de dejar de ser para que otras sean?

Ya hemos señalado que llegamos a este provisional final, sin respuestas, pero con ansias de responder a las preguntas del momento, con otras cargadas de futuro. Esto es lo que proponen los especialistas del método científico.

Permítanme la última pregunta:

¿Y si lo que nos hace humanos es la capacidad de sacrificarnos por otros, para ser mejores juntos?

Gracias, muchas gracias.



# **COST-EFFECTIVENESS ANALYSIS OF IN SILICO CLINICAL TRIALS OF VASCULAR STENTS**

Dr. Nenad Filipovic  
*Rector de la Universidad de Kragujevac*

## **Abstract**

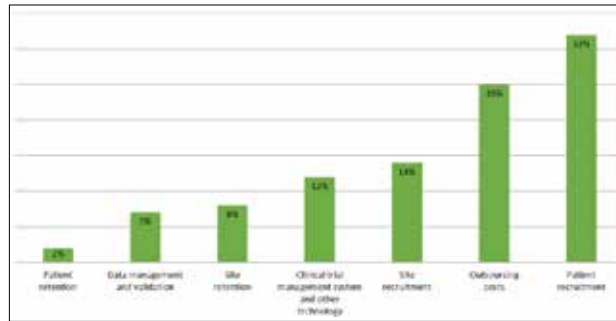
Today, it takes ten to twelve years on average to complete a clinical trial before a new drug is approved and brought to market. Moreover, the evaluation of the efficacy and safety of drugs or devices has been performed in the linear and sequential manner with limited change over the past decade. The InSilc project is an EU funded project (H2020, [www.insilc.eu](http://www.insilc.eu)) within which the InSilc platform was developed for designing, developing and assessing coronary stents. The InSilc platform contains the following modules: Mechanical Modelling Module, 3D Reconstruction and Plaque Characterization Tool, Deployment Module, Fluid Dynamics Module, Drug Delivery Module, Degradation Module, Myocardial Perfusion Module, Virtual Population Physiology and Virtual Population Database. The cost of five different in silico scenarios for clinical study was analysed. In Scenario 1, two different stent designs are compared according to the ISO standard for in silico mechanical tests. Scenario 2 predicts the stenting outcome for a virtual anatomy where design/material could be changed. Scenario 3 compares two stents using the same virtual anatomies from the Virtual vessel database. Scenario 4 predicts the stenting procedure, for a specific stent, considering different virtual anatomies. Finally Scenario 5 predicts the stenting outcome, for the selected virtual anatomy and the considered stent, when different implantation procedures are simulated.

Cost-effectiveness analysis was performed for real clinical trials with metallic and BVS stent and in silico clinical trials. It was observed that in silico clinical trials are almost 90 times cheaper than real clinical trials for 1000 patients. In Silico clinical trials will not completely replace real clinical studies but the evidence shows that they can significantly reduce the cost of a real clinical study which will open a new avenue for future hybrid real and in silico clinical trials.

## 1. Introduction

Pharmaceutical and biotech companies conduct clinical trials for many reasons. The most important goal of clinical trials is to demonstrate safety and efficacy of new drugs to gain Food and Drug Administration (FDA) or European Medical Agency (EMA) approval. FDA and EMA provide guidance to developers to ensure the awareness of acceptable clinical trials and appropriate outcomes. Health care costs continue to grow as a percentage of every country's gross domestic product (GDP). This has a direct influence on the governments and private payers to thoroughly examine the economic value of new treatments. On the other hand, regulatory bodies FDA or EMA demand clinical trials to be as safe as possible for clinical trial participants.

As clinical trials progress, it is sometimes necessary to include more patients and this may also have influence on the suitability of the trial. Some patients are not able to participate in the study due to their medical history or opposite requirements for the trials. Moreover, some studies have showed that 18% of patients drop out after enrolling in the trials. It can create delays to the point that 86% of all trials do not meet enrollment timelines and 30% of Phase III trials fail due to enrollment challenges (NIH; Properezi et al. 2019). Therefore, patient recruitment is the largest cost driver of clinical trials, accounting for 32% of overall costs (Fig. 1).



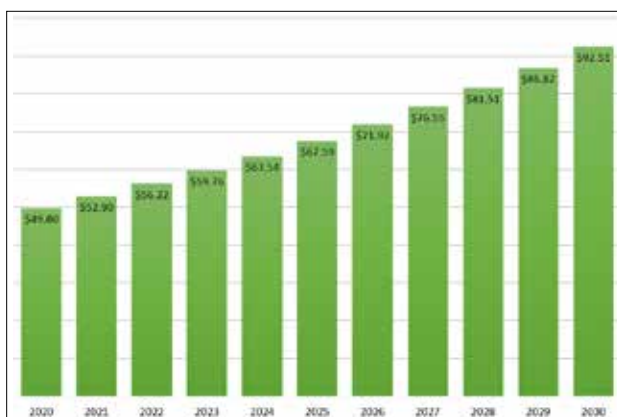
**Fig. 1.** Cost drivers in clinical trials<sup>1</sup>

Traditional clinical trials are successful around 10%. A very comprehensive testing of the medical device is necessary for final outcome product in medical industry. There are three phases in the process of applied stents for the clinical study. The first phase considers smaller number of patients where only safety of the stent is important. The second phase includes a lot of patients where possible side effects and effectiveness are analysed. The third phase which is conducted in the large population analyse efficacy of the stent deployment. The aim of the multi-center clinical studies is also to compare the evaluation stent with already existing stent in the market (Taylor 2019). The InSilic project was establishing computational platform for in silico clinical trial for design, develop and evaluation drug-eluting, bioresorbable vascular scaffolds (BVS) stent and simulation deployment in the relevant virtual arteries which are taken from real patients from medical images. It has been estimated that total world stent market for about €6.4 billion. Around 37% is produced in the United States and 10% in the European Union. Still coronary stent are most dominated with more than 1 million deployments per year. More than 80 % of the sales are bare metal and drug-eluting coronary stents with Compound Annual Growth Rate (CAGR) of 2.0%. The biggest stents sales are presented in the US, France, Germany, Italy, Spain, UK, Japan, Brazil, China and India.

<sup>1</sup> <https://insilicotrials.com>



Older people are becoming more dominant in the global living. It is expected that the number of older people 65 or older will increase from 605 million to 2 billion by 2050. This will be directly connected to increase of the market for stents. Global market for coronary artery disease treatment devices from 2020 to 2030 is increasing with CAGR of 6.4%. It increases from \$49.80 billion in 2020 to \$92.51 billion by 2030 (Fig 2).



**Fig. 2.** Global market for coronary artery disease treatment devices 2020-2030.

The coronary stents makes than 90% penetration of interventional cardiology procedures by the use of stents. Stent sales will grow with double-digit rates because innovations and emerging market uptake. Different types of software on the market are declared as in silico platform. Their users can run some specific tasks and obtain outputs from the platform. However, those software packages differ from the InSilic platform in terms of purpose and complexity. For example, the InSilico trials platform offers users the possibility of selecting the model of choice from the digital library, developing or uploading their own model. The InSilic platform as a whole and each of its separate modules have been offered to stent industry key players as a service for competitive price, compared to real clinical trials. The use of the platform reduces the time needed for conducting in vitro experiment or clinical trial. For instance, Mechanical Module only can significantly reduce costs and time by performing

all mechanical stent tests in silico. Similarly, the rest of the modules can be used as a partial replacement of clinical trials.

In this study, we first introduce the InSilc platform as a whole and present some of the modules. Next, we analyze the costs of five different scenarios of using the InSilc platform for different types of stent testing or deployment in the virtual patient anatomy. Financial analysis of each module as well as of the total platform per one stent simulation is performed. The average cost per patient for the execution of a real clinical trial is presented. Finally, the calculated price for in silico trials per one stent is compared with the cost of the real clinical trial.

## 2. Method

### 2.1 Insilc cloud platform

InSilc cloud platform refers to the development of patient-specific models for different stent testing and deployment in the virtual cohorts. It could complement a clinical trial with reducing the number of enrolled patients and improving statistical significance, and/or advise clinical decisions (Pappalardo et al. 2019).

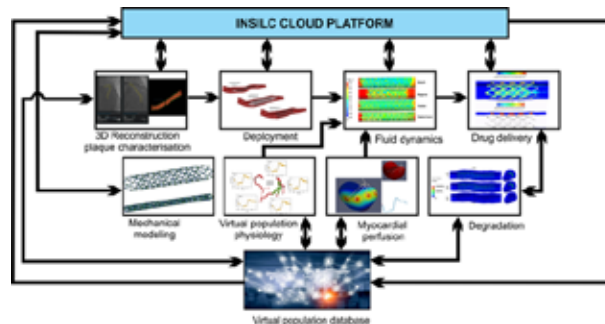


Fig. 3. InSilc cloud platform.

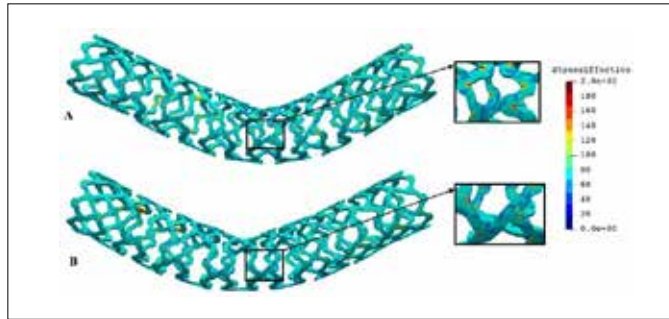
The InSilc platform consist different modules which are simulated drug-eluting BVS stents and their deployment in the virtual arteries. Also degradation process is simulated in the micro and macro level together with computational fluid dynamics and myocardial perfusion. The computational modules developed and integrated in the InSilc platform are: Mechanical Modelling Module, 3D Reconstruction and Plaque Characterization Tool, Deployment Module, Fluid Dynamics Module, Drug Delivery Module, Degradation Module, Myocardial Perfusion Module, Virtual Population Physiology and Virtual Population database (Fig. 3). All types of coronary and peripheral stents can be simulated with these modules, such as Bare Metal Stents (BMS), Drug-eluting Stents (DES) and Bioresorbable Stents. InSilc platform and its modules are trying to enter market and reach interested stakeholders (Filipovic et al. 2021; Fotiadis and Filipovic 2021). In this cost-effective study we compare the costs and time required for a real clinical trial and in silico clinical trial.

## 2.2 Description of the modules

For development of a new stent, corresponding ISO standard mechanical tests are using for evaluation of different mechanical behaviour. These tests could be very time consuming and expensive. For example, fatigue tests can use a lot of cycles and can take up to several months 24 hours per day. InSilc platform can mimics these mechanical tests virtually. These set of tests are: Pushability, Trackability, Torquability, Recoil, Crush resistance, Longitudinal tensile strength, Flex/kink, Crush resistance with parallel plates, Local Compression, Radial Force, Three-point bending, Foreshortening, Dog Boning, Inflation and Radial Fatigue test.

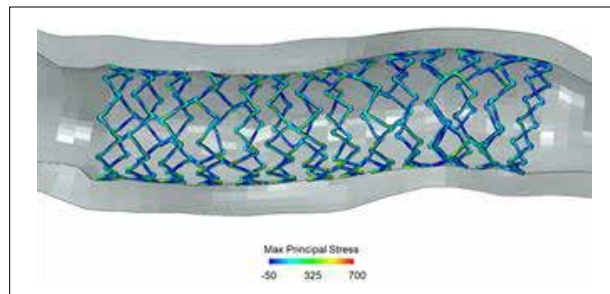
For Mechanical Module we used advanced and beyond the state-of-the-art in-house solver PAK developed by BIOIRC [PAK]. Nonlinear material and geometry problems, nonlinear contact problems, dynamics and statics with residual stress and strain analysis have been used in this solver PAK. Firstly, three-dimensional stent geometry is generated. Then, finite element mesh is build. Boundary conditions are prescribed together with nonlinear material properties defined from uniaxial stress-strain experimental curves.

Three-point bending stent testing for A and B different BVS models has been presented for Mechanical Modeling Module in the Fig. 4.



**Fig. 4.** Mechanical Modeling Module: Three-point bending stent testing for A and B different BVS models.

For stent deployment in the coronary artery Deployment Module is used. Basic information what we can get from this Module are stresses and strains in the stent material but also in the arterial wall. What can be also detected and analysed is short-term outcome after stent deployment in the artery. The procedure for stent implantation contains from positioning, balloon inflation and deployment. Fully automatized procedure makes this process easy for users. An example of stent deployment with maximal stress distribution in the stent is presented in Fig. 5.



**Fig. 5.** Deployment Module. Stress distribution in the stent deployed in the coronary artery.

### 3. Results

#### 3.1. Cost-effectiveness analysis of different in silico scenarios

##### 3.1.1. Scenario 1 – pre-clinical testing assessment

Stent manufacturers have the obligation to perform standard mechanical stent testing according to ISO standards. The objective of Scenario 1 is to simulate in silico all the tests required by the ISO. In this scenario, we performed the following tests: simulated use – Pushability, Torquability, Trackability, Recoil, Crush resistance, Flex/kink, Longitudinal tensile strength, Crush resistance with parallel plates, Local Compression, Radial Force, Foreshortening, Dog Boning, Three-point bending, Inflation and Radial Fatigue test. All of these in silico tests are used to compare the performance of two stents with different stent designs. The cost and time required is presented in Table 1. It can be seen that in silico stent testing for 8 standard tests amounts to €5,800 while the same testing with in vitro amounts to €64,000. Moreover, time in days for in silico test is 1 day, and all 8 tests could be run in the parallel. In vitro stent testing will take 84 days. Actual cost/time concerns the testing of minimum 10-15 samples per test.

Mechanical Module	Cost €	Actual Cost €	Time (in days)	ActualTime (in days)
<b>Radial</b>	800	6,000	1	6
<b>Inflation</b>	800	10,000	1	42
<b>Three-point bending</b>	800	6,000	1	6
<b>Crush</b>	400	6,000	1	6
<b>Local Compression</b>	400	6,000	1	6
<b>Longitudinal Tensile Strength</b>	600	6,000	1	6
<b>Kinking</b>	1,000	12,000	1	6
<b>Flex</b>	1,000	12,000	1	6
<b>Total €</b>	<b>5,800</b>	<b>64,000</b>	<b>1 (all parallel)</b>	<b>84</b>

**Table 1.** Cost and time required to perform Scenario 1.

3.1.2. Scenario 2 - design new stents

Scenario 2 aims to predict the stenting outcomes, for a virtual anatomy, when parameters such as design or material change in a specific stent. In this example, the following modules/tools are included: 3D reconstruction and plaque characterization tool, Deployment Module, Fluid dynamics Module, Drug Delivery Module, Degradation Module and Myocardial Perfusion Module. Relevant modules, their prices and time required are presented in Table 2. In can be seen that all in silico modules cost €8,600 while real clinical trial cost for metallic stent is €11,788 and for BVS €14,400 per patient. Also, time in days for in silico study is 18 days if all simulations are running sequentially or maximum 7 days if they are running in parallel, while real clinical studies are running up to 2 years.

Tool/Module used in Scenario 2	Cost €	Actual cost of clinical trials	Time (in days)	Time required to execute a clinical study
<b>3D Reconstruction Tool</b>	200	<b>Metallic stent</b> clinical study cost per stent: <b>€11,788</b>	2	Up to 2 years (enrollment + 9-12 months FU) for first-in-man study
<b>Deployment Module</b>	2,000		3	
<b>Fluid Dynamics Module</b>	1,000		2	
<b>Drug Delivery Module</b>	3,800		7	
<b>Degradation Module</b>	1,000	<b>BVS</b> clinical study cost per stent: <b>€14,400</b>	2	
<b>Myocardial Perfusion Module</b>	600		2	
<b>Total €</b>	<b>8,600</b>		<b>18 sequentially or 7 days in parallel</b>	

**Table 2.** Costs and time required to perform Scenario 2.

3.1.3. Scenario 3 - compare existing stents

The aim of this scenario is to compare two stents using the same virtual anatomies, available in the Virtual vessel database. In this example, the fol-

lowing modules/tools are included: 3D reconstruction and plaque characterization tool, Deployment Module, Fluid Dynamics Module, Drug Delivery Module and Degradation Module. The cost and time for performing this scenario are presented in Table 3. It can be seen that in silico costs are around €8,000 and maximum duration is 18 days. If we consider including the whole pipeline up to degradation for real clinical studies, the duration can be up to 5 years (patient enrollment + follow-up for degradation). Otherwise, 2-3 years are needed for restenosis (enrollment + 12 months FU).

Tool/Module used in Scenario 3	Cost €	Actual cost of clinical trials	Time (in days)	Time required to execute a clinical study
<b>3D Reconstruction Tool</b>	200	<b>Metallic stent</b> clinical study cost per stent: <b>€11,788</b>  <b>BVS</b> clinical study cost per stent: <b>€14,400</b>	3	Duration of a clinical trial depends upon the study design. 1) If we consider including the whole pipeline up to degradation, the duration can be up to <b>5 years</b> (patient enrollment + follow-up for degradation). 2) If we limit to restenosis, <b>2-3 years</b> are needed (enrollment + 12 months FU)
<b>Deployment Module</b>	2,000		3	
<b>Fluid Dynamics Module</b>	1,000		2	
<b>Degradation Module</b>	1,000		3	
<b>Drug Delivery Module</b>	3,800		7	
<b>Total €</b>	<b>8,000</b>		<b>18</b>	

**Table 3.** Cost and time required to perform Scenario 3.

### 3.1.4 Scenario 4 - Compare anatomy configurations & patient conditions

Scenario 4 aims to predict the stenting procedure, for a specific stent, considering different virtual anatomies. In this example, the following modules/tools are included: 3D reconstruction and plaque characterization tool, Deployment Module, Fluid dynamics Module and Drug-delivery Module. The cost and time required to perform Scenario 4 are presented in

Tool/Module used in Scenario 3	Cost €	Actual cost of clinical trials	Time (in days)	Time required to execute a clinical study
<b>3D Reconstruction Tool</b>	400	<b>Metallic stent</b> clinical study cost per stent: <b>€11,788</b>  <b>BVS clinical study</b> cost per stent: <b>€14,400</b>	6	If we limit to restenosis, <b>2-3 years</b> are needed (enrolment + 12 months FU)
<b>Deployment Module</b>	2,000		3	
<b>Fluid Dynamics Module</b>	1,000		2	
<b>Drug Delivery Module</b>	3,800		7	
<b>Total €</b>	<b>7,200</b>		<b>18</b>	

**Table 4.** Cost and time required to perform Scenario 4

*3.1.5 Scenario 5 - Compare different revascularization procedures*

Scenario 5 aims to predict the stenting outcome, for the selected virtual anatomy and the considered stent, when different implantation procedures are simulated. In this example, the following modules/tools are included: 3D reconstruction and plaque characterization tool, Deployment Module, Fluid dynamics Module, and Myocardial Perfusion Module. The cost and time required to perform Scenario 5 are presented in

Tool/Module used in Scenario 3	Cost €	Actual cost of clinical trials	Time (in days)	Time required to execute a clinical study
<b>3D Reconstruction Tool</b>	200	<b>Metallic stent</b> clinical study cost per stent: <b>€11,788</b>  <b>BVS clinical study</b> cost per stent: <b>€14,400</b>	2	At least 5 years
<b>Deployment Module</b>	2,000		3	
<b>Fluid Dynamics Module</b>	1,000		2	
<b>Drug Delivery Module</b>	600		2	
<b>Total €</b>	<b>3,800</b>		<b>9</b>	

**Table 5.** Cost and time required to perform Scenario 5



### 3.2. Financial analysis

Detailed prices of each module are presented (Gacic 2022) in Table 6.

Module	Price €	Base for calculation of in silico trial
<b>Virtual Database Module</b>	200	Per simulation.
<b>Deployment Module</b>	1,000	Per simulation with the deployment of one stent in a single vessel. More complex procedures should be considered separately. 3D geometry of the stent has been generated in the previous step.
<b>Fluid Dynamics Module</b>	900	Per simulation.
<b>Drug Delivery Module</b>	1,900	Per simulation. The geometry of artery and stent has been generated from previous module. The pharmacokinetics model of the release for the stent device has already been developed.
<b>Degradation Module</b>	500	Per simulation.
<b>Myocardial Perfusion Module</b>	300	Per patient with some additional automatization.
<b>Virtual Population Physiology Module</b>	200	Per patient.
<b>InSilc Platform</b>	150	Per simulation.
<b>Total</b>	<b>5,150</b>	

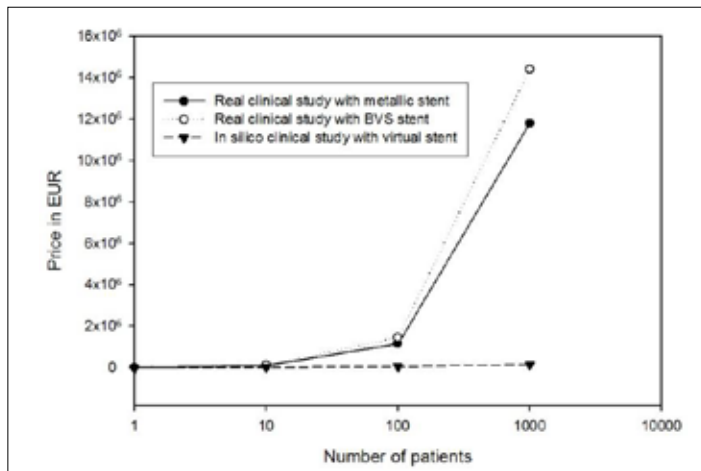
**Table 6.** Detailed prices of each module and total price for in silico stent deployment.

The prices for real clinical study for metallic and BVS stent per patient are €11,788 and €14,400, respectively. The price for in silico clinical study per stent is €5,150. For calculation of the price for more patients, real clinical studies are calculated as linear function which is multiplied with the number of patients. The price for in silico clinical study is not calculated as linear function, because it can be speed up with parallel calculation on supercomputer or high-performance computing in parallel with divided of square root for number of patients. Comparison for the price for real and in

silico clinical trials for both metallic and BVs stents is presented in Table 7. Variation of the price for real and in silico clinical trials for metallic and BVS stent with logarithms scale for number of patients has been graphically shown in Fig. 6. It can be seen that real clinical study for 1000 patients is amounting to 12-14.5 million euros, while in silico clinical trials for the same number of patients are up to €163,000 (Gacic et al.2021; Gacic 2022; Gacic 2023).

Number of patients	Price for real clinical study with metallic stent (€)	Price for real clinical study with BVS stent (€)	Price for in silico clinical study with virtual stent (€)
1	11,788	14,400	5,150
10	117,880	144,000	16,286
100	1,178,800	1,440,000	51,500
1000	11,788,000	14,400,000	162,857

**Table 7.** Comparison of the price for real and in silico clinical trials.



**Fig. 6.** Variation of the price for real and in silico clinical trials for metallic and BVS stent.

#### **4. Discussion and conclusions**

The main exploitable products of the InSilc project are the Mechanical Modelling Module, the 3D Reconstruction and Plaque Characterization tool, the Deployment Module, the Fluid Dynamics Module, the Drug Delivery Module, the Myocardial Perfusion Module, the Degradation Module, the Virtual Physiology Module, the Virtual Population Database and the integrated InSilc cloud platform (Gacic 2022).

A detailed cost analysis of five different in silico scenarios defined in the InSilc project has been described. Scenario 1 compared in silico two different stent designs for all ISO mechanical tests. The outcomes of virtual anatomy with different design and material have been analysed in Scenario 2. Two stents in the same virtual anatomies from virtual coronary database have been compared in Scenario 3. For specific stent the stenting procedure in different virtual anatomies were analysed in the Scenario 4. The stenting outcome for the selected virtual anatomy with different implantation procedures are described in the Scenario 5.

Financial analysis has taken into account the prices per each InSilc module as a total of €5,150. It has been shown that the cost of real clinical study including 1000 patients can be very expensive amounting to 12-14.5 million euros, while in silico clinical trials for the same number of patients are up to €163,000. It is almost 90 times cheaper than real clinical study. The perspective of in silico clinical trials is very promising. It will not completely replace real clinical studies, but it will significantly reduce the cost of real clinical studies and become standard complementary part of future hybrid clinical study (real and in silico).

## References

- Filipovic N, Nikolic D, Isailovic V, Milosevic M, Geroski V, Karanasiou G, Fawdry M, Flanagan A, Fotiadis D, Kojic M (2021). In vitro and in silico testing of partially and fully bioresorbable vascular scaffold, *J Biomech*, 115:110158, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.jbiomech.2020.110158.
- Fotiadis D and Filipovic N (2021) In-silico trials for drug-eluting BVS design, development and evaluation, *The Project Repository Journal*, Vol. 8, Jan.
- Gacic M, Karanasiou G, Fotiadis D, Filipovic N (2021). In silico clinical trials for bioresorbable vascular stents, in Proc. 11th International Conference on Information Society and Technology, Kopaonik, Serbia.
- Gacic M (2022). Economic analysis for insilico clinical trials, Elsevier 2022, *Cardiovascular and respiratory bioengineering*, N. Filipovic Editor, ISBN: 9780128239568
- Gacic M (2023), Cost effectiveness analysis of real and in silico clinical trials for stent deployment based on decision tree, *Applied Artificial Intelligence: Medicine, Biology, Chemistry, Financial, Games, Engineering*, N. Filipovic Editor, Springer Verlag in the series, *Learning and Analytics in Intelligent Systems*.
- H2020 InSilc project: In-silico trials for drug-eluting BVS design, development and evaluation, [www.insilc.eu](http://www.insilc.eu)
- Meredith IT, Verheye S, Weissman NJ, Barragan P, Scott D, Chávarri MV, et al (2013). Six-month IVUS and two-year clinical outcomes in the EVOLVE FHU trial: A randomised evaluation of a novel bioabsorbable polymer-coated, everolimus-eluting stent, *EuroIntervention*, 9, pp. 308–15.
- NIH, U.S. National Library of Medicine, Learn About Clinical Studies, <https://clinicaltrials.gov/ct2/about-studies/learn#ClinicalTrials>.
- PAK Finite element program, BIOIRC, Research and Development Center, 34000 Kragujevac, Serbia <http://www.bioirc.ac.rs/index.php/software/5-pak>

Pammolli F, Magazzini L, Riccaboni M, (2011).The productivity crisis in pharmaceutical R&D,. *Nat Rev Drug Discov* [Internet],10, pp. 428–38.

Pappalardo F, Russo G, Tshinanu FM, Viceconti M (2019). In silico clinical trials: concepts and early adoptions. *Brief Bioinform*. Sep 27;20(5):1699-1708. doi: 10.1093/bib/bby043. PMID: 29868882.

Properzi Francesca et al. (2019). Intelligent drug discovery: Powered by AI, <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/life-sciences/artificial-intelligence-biopharma-intelligent-drug-discovery.html>

Taylor K (2019). Why improving inclusion and diversity in clinical trials should be a research priority,<https://blogs.deloitte.co.uk/health/2019/08/why-improving-inclusion-and-diversity-in-clinical-trials-should-be-a-research-priority.html>

# **ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) AS A NEW TECHNOLOGICAL CHANGE AND ITS RELATED ECONOMIC AND SOCIAL CONSEQUENCES: SOME POSSIBLE MITIGATIONS**

Dr. Janusz Kacprzyk

*Académico Correspondiente por Polonia de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras*

The purpose of this short note is to briefly discuss some more important aspects of Artificial Intelligence (AI) that has taken by storm all kinds of human activities, from all kinds of social and economic issues, through education, science to technology, at the level of individuals, human groups of various size, nations to the mankind in general. Artificial Intelligence (AI) is now for sure one of the hottest topics, not only in science and technology but also in the media and even in conversations and discussions of ordinary citizens. This has made it a real game changer that deserves an attention to both understand modern times and be able to actively, even proactively, and effectively and efficiently function in the modern world.

One can look at AI from various perspectives exemplified by:

- computer science,
- cognitive sciences ,
- psychology,
- law,
- social sciences,
- economics, etc.

to just mention some main areas.

Here, we will mainly focus our attention of AI as the new Technological Change, or Industrial Revolution, and analyze some important characteristic features related to such a perspective, but maybe also some important impli-

cations. We will mostly concentrate on implications related to education and other socio-economic aspects. To be more specific, we will discuss some important aspects of the shortage of highly qualified AI specialists who will be in a position to either operate various AI based/enabled equipment and systems or to develop, design and implement them.

Looking at the (recent) history of the world, we can clearly see that processes of technological changes have implied revolutionary transformations that have shaped the history and development of the world and its socio-economic development, leading to the consecutive Industrial Revolutions. Obviously, the basic problem has been to gain a technological advantage which has been crucial for ensuring competitiveness and maintaining the pace of economic and social growth. This has made it possible to stay alive in the merciless competition among countries and nations.

The first technological revolutions have been related to the broadly perceived agriculture and usually there are mentioned the following main agricultural revolutions:

- The First Agricultural Revolution (ca. 10,000 BC), the so-called The Neolithic Revolution, with the transition from hunting and gathering to sedentary farming as the main characteristic feature,,
- Arab Agricultural Revolution (8th–13th century), with the spread of new crops and cultivation techniques, mainly in the Muslim world,
- British Agricultural Revolution (17th-19th century), the so-called Second Agricultural Revolution, with a huge increase in agricultural production, especially cereals, first in Great Britain,
- Scottish Agricultural Revolution (17th-19th century), with new systems of agricultural production and its organization,
- Third Agricultural Revolution (1930-1960), the so-called The Green Revolution, with a huge increase in agricultural production, mainly crops, especially in Third World countries.

In recent decades some more advanced types of agricultural activities and modes of productions can be observed exemplified by precision agriculture or, more generally, Agriculture 4.0. In general, these modern developments, technological changes, that can be considered to be a new “Agricultural Revolution” are characterized by: the use of advanced machinery and equipment to replace human and animal labor, new farming techniques like precision agricultures, optimization of crop and livestock production using sensors, IoT (Internet of Things), an extended use of data analyses, data analytics and machine learning, an informed and precise use of chemicals, notably fertilizers and herbicides, use of new developments in biotechnology and biochemistry, exemplified by genetically modified crops, optimization of irrigation and watering, focused and specialized crop and livestock production, more active involvement in global supply chains, a wider account for environmental and sustainability related aspects, to mention a few. Moreover, from our point of view, the new agricultural technologies involve more and more use of automation and robotic, including solutions and equipment which take advantage of the recent developments in AI, too.

In our context, the Industrial revolutions are more important. The term “industrial revolution” basically boils down to some more serious and profound technological, economic, and social changes which have an impact on the transformation from, first, the agrarian and handcraft based, and from the handcraft based to industrial and machine based economies, which finally reaches the levels of less and less material production. Such revolutionary changes have constituted turning points in the history of the mankind and have had critical impacts on all kinds of life exemplified by production and manufacturing, transportation, communication, distribution and logistics, etc. Moreover, these impacts have extended to social and socio-economic aspects.

There are various views on how the industrial revolutions should be classified, for instance, a popular classification is:



- First Industrial Revolution: from the late 1800s to early 1900s, first mostly in the UK and USA. with a fundamental change from the agrarian to industrial economies, based mainly on steam, and iron and steel production.
- Second Industrial Revolution: from the late 1900s to early 2000s, first mostly in the UK, USA, Germany, France, Japan, etc., based mainly on electricity, with railroads, combustion engines, mass production, etc.
- Third Industrial Revolution: from the late 2000s to the present, often termed the “Digital Revolution” or “Information Age” with the widespread use of computers, the Internet, and digital technologies, with personal computers, mobile devices, advanced telecommunications, etc.
- Fourth Industrial Revolution, from the turn of the 20th century, with a massive use of digital technologies, cloud computing, mobile and autonomous robotics, Internet of Things (IoT), virtual and augmented reality (VR, ER), blockchain, etc.

As all changes in the history of the mankind, these industrial revolutions have brought about both positive and negative changes. From one point of view, they have certainly contributed to an increase in productivity, hence an increase in economic growth and prosperity and living standards for many people though not all. Unfortunately, this rapid economic growth has also brought about the stratification of the society, an increase in social inequalities, societal exclusion, etc. To mitigate these detrimental effects proper policies at governmental levels are clearly needed.

From our perspective in recent years some people, scientists, scholars and visionaries, speak more and more about the Fifth Industrial Revolution which has been initialized by some first visions and conceptual views from the beginning of the 21st century, and is starting gaining popularity and acceptance in recent years, notably because of a rapid proliferation of AI.

Basically, the Fifth Industrial Revolution is mainly characterized by widespread, omnipresent and ubiquitous use of artificial intelligence, quantum computing, semantic technologies, etc. One of the main characteristic features is that the humans and machines synergistically cooperating in all activities, notably by using advanced AI based/enabled systems, in particular decision support systems (DSSs). In all these new architectures and solutions in addition to formal, algorithmic and engineering factors, the cognitive, psychological, ethical, legal, etc. aspects of new technologies and solutions are also of a crucial importance. Moreover, which is maybe the key issue in the acceptance and ubiquitous use of what the Fifth Industrial Revolution can be about, for all solution to be implementable one should explicitly take into account human trust in this new technologies. That is, trustworthiness is the crucial issues.

To summarize, in the recent Fourth and Fifth Industrial Revolutions we either currently face or are about to face, AI is the main element of all solutions and technologies involved. Such an ubiquitous use of AI can be reflected in all kinds of applications in the broadly perceived automation and robotics, both in its extreme version of total automation, maybe of simpler tasks only, or a more promising partial automation, with a collaboration with the humans, data analyses, visualization and verbalization, personalization and profiling of users and/or stakeholders, all kinds of natural language related technologies (natural language understanding, natural language generation, natural language processing, etc.), computer vision, etc. This all can then be used in all kinds of areas exemplified by healthcare, finance, manufacturing and production, transportation, logistics and distribution, energy, environment, education, agriculture, horticulture, food, entertainment, etc. Moreover, many more general fields that are important for all the above mentioned areas can also greatly benefit from the new developments within the Fifth Industrial Revolution.

Therefore, looking at the new technological changes faced by the world in recent decades, we can clearly see that they are profoundly characterized by a crucial role of new technologies, notably the broadly perceived AI related

ones, which are decisive factors for the implementations of the new visions and solutions.

Unfortunately, the necessary use of new AI technology to obtain added value of goods and services (through their higher technological and functional sophistication, and consequently higher prices on the market), and thus competitiveness, results in a very difficult situation due to the chronic and deepening lack of qualified staff in virtually all countries, especially in the USA, China, Canada, Australia and Great Britain, but also in the EU and Japan, and this situation is getting worse and worse in more and more countries.

These shortages, which are a direct result of an increased adoption of more and more advanced and sophisticated AI technologies, in virtually all areas of business and all industries, have resulted in an urgent need for more and more AI related undergraduate and graduate college and university programs, but also various forms of training and updating skills and qualifications for all kind of workers.

The above shortages of appropriately qualified workers, which is generally regarded as the main obstacle in a wide use of AI based/enabled technologies, have implied a fierce competition for skills and talents, by both companies, institutions, and countries, and these issues will be addressed later in this paper.

Recently, in the context of the above mentioned AI related personnel shortages two main categories have been advocated which are crucial for different kinds of activities in AI related projects. These categories are commonly termed:

- AI skill gap, and
- AI talent gap,

and they are concerned with two aspects of the development, design, implementation, and finally practical use of AI based/enabled systems, namely:

- AI Skill Gap denotes a discrepancy between what the users of AI based/enabled systems and equipment need for an effective and efficient operation and the market availability of a properly qualified personnel,
- The AI Talent Gap denotes a discrepancy between a need of highly skilled AI professionals, exemplified by researchers and engineers in data science, machine learning, etc. who can develop, implement, test and put into practice modern, highly sophisticated AI based/enabled equipment and systems.

Unfortunately, both the AI skill gap and AI talent gap are a global phenomenon, notably in virtually all developed countries that are active both in the development and manufacturing AI based/enabled equipment and systems, or in their non-trivial use. Both these activities require a highly qualified workforce. These gaps (shortages) have many detrimental implications for all stakeholders involved including business, industry, education, public sector, etc. The mitigation, not to speak about an improbable for now full solution of these gaps calls for many efforts to develop more and more AI related education and training programs like AI curricula at universities, etc. which call for much money from public (governmental) sources because these undertaking are very expensive.

In this short paper we will concentrate on the AI skill gap because of our academic orientation. This AI talent gap has attracted much attention in recent years and some proposals at its mitigation have been proposed around the world since many countries have been affected by it.

To start, let us list again the main factors that have made the AI talent gap so pronounced. One can mention here, for instance: a rapid and ubiquitous deployment and use of AI based/enabled equipment and systems, highly changeable required skills that are of relevance, insufficient supply of AI focused education and training, applications in wider and wider fields, competitive salaries, etc.

The mitigation of the AI talent gap can proceed in various ways, notably by providing more AI education and training programs for the individuals from related fields or industries who may be not explicitly involved in AI, involvement of people from other related communities, etc. An important aspect is also to extend the collaboration with the academia, and also the use of some engineering tools to support the involvement of people from other fields to work in AI based/enabled systems. Finally, to mitigate the shortage of AI talent a much advocated solution is the development and implementation of a proper immigration system supporting the inflow of much needed specialists.

There are some popular analyses on this shortage of AI skills and qualifications, exemplified by Gagné's report (<https://jfgagne.ai/blog/ai-talent-2019/>), It is oriented towards the AI talent gap and is therefore relevant for our discussion. The report is long and comprehensive so that we will just briefly summarize its main results, possibly with some indications on how to mitigate these shortages.

The Gagné's report concerns the top tier AI talents, the active researchers who attend respected conferences and publish in top tier journals. It surveys ca. 22400 researchers, with 4000 with a high number of citations, and some 36000 top LinkedIn listed AI specialists. In total, the report indicates top 5 AI countries, the USA, China, the UK, Canada and Germany which account for some 72% of the individuals involved.

Basically, to just summarize the main results:

- 27% of researchers work in a country other than the country of their origin, i.e. where the PhD is obtained,
- US companies attracted the majority of researchers from other countries, including 25% of the PhDs from China,
- Countries like Taiwan, Sweden, Korea, Spain, USA, Switzerland, China, Japan, UK and Australia have higher “inflow” than “outflow” of the AI talent,

- In Switzerland and Sweden, ca. 50% of the employed AI talent comes from other countries, and in the UK ca.44%,
- France and Israel have a greater “outflow” than “inflow” of the AI talent,
- Canada, the Netherlands, Singapore, Switzerland and the UK all have higher than average inflows and outflows, etc.

The report contains many more interesting data related to the AI talent gap and due to space limitation, we have to refer the interested reader to the report.

An important aspect related to the above mentioned results of the report concerns a very important aspect of the AI talent gap that is of a special relevance for many countries which have very good education systems, with a high level of the STEM education, so that they are in a position to train many highly qualified graduates who can then be hired by top level universities and AI companies. Unfortunately, these countries cannot absorb locally these highly trained people and offer them adequate AI related jobs so that these people usually decide to leave. This implies a loss, both in terms of finance and human resources, to those countries and this problem should be properly addresses by authorities.

Now, we will also very briefly mention another way to mitigate the AI talent gap, namely by devising a proper immigration system, notably for longer stays of high level specialists. In this contexts there are many attempts, which are often quite successful, and – to just briefly summarize some better known solutions – we will briefly mention the following ones. Namely, there can be special visas, exemplified by the Tier 1 Exceptional Talent Visa in the UK, a points based Express Entry Program in Canada, the Skilled Labor Visa Program in Japan, etc. All of them take into account the qualifications of the applicants and needs of the national economy, both at the national and corporate level. These skills based systems are still being developed and updated and they can be useful for filling the acute AI talent gap too.

Therefore, to summarize:

- The AI talent shows remarkable mobility ,
- Countries and companies use whatever sources they can to get the AI talent from,
- Companies use every opportunity to pressure immigration authorities to facilitate and expedite the importation of these AI specialists,
- At the same time, recognizing the key role of AI for economic and social development, practically all developed countries create new systems to facilitate immigration of high level AI specialists,

To conclude this short note, we have briefly reconsider AI as a new Industrial Revolution, or Technological Change, which would shape the future of many people, nations, industries and countries. We have indicated that one of the main obstacles can be the AI talent gap, the shortage of highly skilled workers who can participate in the development and implementation of new, original AI based/enabled solutions.

We have mentioned some ways to mitigate this AI talent gap and indicated problems that can be faced by various type of countries, both who would deliver the AI talent and those who would absorb the AI talent coming from other countries.

In general, most countries:

- experience difficulties with the availability of the AI talent,
- have problems at universities, because these talents are “bought” by domestic and foreign companies who often offer much better salaries and other benefits,
- the young generation has no problem with mobility.

An AI talent acquisition system should be introduced, and a “new deal” – an agreement between the richer and poorer countries – is needed, because now many countries with good education systems pay extremely much for educating their younger citizens (in AI or other expensive high tech fields), who then go to work in other, usually much richer countries.





# LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LA GENERACIÓN DE DECISIONES SOSTENIBLES Y HUMANISTAS

Dr. Vicente Liern Carrión  
*Académico Numerario de la Real Academia  
de Ciencias Económicas y Financieras*

**Resumen.**— En esta ponencia se muestra la necesidad de que el humanismo y la sostenibilidad sean guías de la Inteligencia Artificial, tres áreas que deberían ser capaces de aunar objetivos. Se analiza la situación actual de cada área y se exponen las líneas estratégicas que la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras ha emprendido en estos campos. Por último, basándose en la Lógica Fuzzy, en concreto en la optimización bajo condiciones de incertidumbre, se propone un método para conseguir que la inteligencia artificial sea capaz de determinar soluciones sostenibles y ajustadas a la Economía Humanista.

**Palabras clave.**— Toma de decisiones; Inteligencia Artificial; Humanismo; Sostenibilidad; Técnicas multicriterio flexibles.

Exmo. Sr. Presidente,  
Rector Magnífico,  
Exmos. e ilustrísimos Señoras Académicos,  
autoridades,  
señoras y señores

Para mí es un honor poder participar en este acto como miembro de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras en la Universidad de Kragujevac.

En mi charla intentaré esbozar un análisis y algunas propuestas para conjugar un futuro en el que una buena parte de las decisiones vendrán de la mano de la inteligencia artificial, pero en el que no debemos ignorar ni a las personas que no poseen conocimientos y habilidades tecnológicas, ni los objetivos sociales, que en ocasiones se contradicen con la maximización de beneficios por parte las corporaciones. De ahí el título “La inteligencia artificial y la generación de decisiones sostenibles y humanistas”.

Muy recientemente, figuras clave en inteligencia artificial han propuesto que se suspenda el entrenamiento de poderosos sistemas de Inteligencia Artificial por el temor a lo que ellos denominan “una amenaza para la humanidad” (Vallence, 2023). Si se profundiza un poco en estos comunicados, en realidad una buena parte de esa amenaza se encontraría en la falta de humanismo y de sostenibilidad a cambio de una malentendida maximización de la eficiencia económica, temporal o de cualquier otra índole.

## **1. Soluciones de equilibrio**

En realidad, con el título de esta comunicación se pretende conjugar tres de las líneas estratégicas de nuestra Real Corporación: La Inteligencia Artificial (como atestigua el propio Lema general de este Acto Solemne), la Economía Humanista (como muestra la creación en 2021 de la Escuela de Economía Humanista de Barcelona, RACEF (2021)) y la Sostenibilidad (que, entre otras acciones, hace unos meses dio lugar a la creación de una cátedra en colaboración con la Universitat de Barcelona y la Fundación Mutua Madrileña, RACEF (2023)).

Desde luego, la cuestión que surge es cómo lograr una solución de equilibrio entre estas tres líneas sin que ninguna de ellas se vea dañada, puesto que en apariencia persiguen objetivos muy diferentes.



**Figura 1:** Algunas líneas estratégicas de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.

**Fuente:** Elaboración propia.

Para encontrar escenarios comunes, debemos ser conscientes de que entre el mecanicismo exagerado del barón de Kelvin cuando afirma

“Lo que no se define, no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre.”

*William Thomson (1824 – 1907), primer barón de Kelvin,*

y el humanismo, no menos exagerado, de *El principito* cuando afirma

“A los adultos les gustan los números. Cuando uno les habla de un nuevo amigo, nunca preguntan sobre lo esencial. Nunca te dicen: “¿Cómo es el sonido de su voz? ¿Cuáles son los juegos que prefiere? ¿Colecciona mariposas?”. Te preguntan: “¿Qué edad tiene? ¿Cuántos hermanos tiene? ¿Cuánto pesa? ¿Cuánto gana su padre?”. Sólo entonces creen conocerlo.”

*Antoine de Saint-Exupéry (1900-1944), El principito,*

existen puentes y yo destacaré al que modestamente dedico mi investigación desde hace décadas: a la lógica borrosa. Y lo hago, no sólo porque como bien ha mostrado nuestro presidente, el profesor Gil Aluja, proporciona un marco idóneo para las Ciencias Sociales, sino porque desde el punto de vista metodológico nos dota de una configuración lógica rigurosa para tratar fenómenos expresados con incertidumbre (Kaufmann y Gil-Aluja, 1986).

La teoría de conjuntos borrosos proporciona una estructura matemática estricta en la que los fenómenos expresados vagamente pueden ser estudiados de forma rigurosa y precisa. Desde un punto de vista práctico, esta lógica puede ser considerada como un lenguaje de modelización bien establecido para situaciones en las que existen relaciones, criterios o fenómenos que son borrosos.

En un panorama social y económico marcado por la incertidumbre, la relación, la asignación, la agrupación y la ordenación, como bien destaca nuestro presidente, resultan cruciales y pueden ser la antesala del éxito. Cuando no es posible obtener un cuadro con la valoración de los objetos, apelar a un orden no cuantificado puede ser suficiente para tomar una decisión adecuada (Kaufmann *et al.*, 1994).

Históricamente, pocas áreas del conocimiento han utilizado tanto los datos como la Economía, la Empresa y las Finanzas, pero todos sabemos que los modelos económicos surgen como una abstracción simplificada de una realidad compleja y cambiante. Esto hace que muchas acciones decisivas deban tomarse manejando una cantidad reducida de variables.

Desde luego, en las Ciencias Sociales se asume que los análisis y mucho más las predicciones, están ignorando un buen número de factores. Por supuesto, sería deseable una revisión constante de los parámetros de los modelos Y que de esta manera fuesen lo más ajustados posible a la realidad. Pero si hablamos de auténtica realidad, la que indefectiblemente está impregnada de incertidumbre, por más ajustes que se hagan, no llegaremos a escenarios de certeza absoluta.

Permítanme ahora dar unas pinceladas sobre los tres campos a los que hago referencia en esta charla.

## **2. Inteligencia artificial**

En cuanto a la inteligencia artificial, está claro que la incorporación de conceptos propios de esta disciplina a distintos escenarios de la Economía y la Empresa, se ha producido de una forma tan vertiginosa, que en estos momentos resaltaría muy complicado prescindir de ella y tomar decisiones sin el uso de algoritmos.

Un algoritmo es mucho más que una secuencia de pasos lógicos encajinados a resolver un problema. Aquí no tienen cabida reglas ambiguas. En los algoritmos, el número de reglas debe ser finito, deben ser específicas, los inputs y los outputs deben ser claros y, por supuesto, deben ser efectivos para llegar a la solución (Verdegay, 2019).

Para poder resolver un problema con un ordenador se necesita un algoritmo que muestre cómo llegar a la solución, su expresión en un lenguaje de programación y la ejecución correcta de este programa. Estas tres fases son necesarias y, de hecho, de poco sirve contar con un algoritmo si no se programa o no se ejecuta.

Si además queremos que un algoritmo sea válido para la inteligencia artificial, debe poder interpretar correctamente datos externos, aprender de ellos y emplear esos conocimientos para lograr la solución, utilizando para esto una adaptación flexible.

Está claro que esta programación tradicional es muy útil y eficiente, pero implica que conozco, al menos de manera aproximada, la fórmula (las reglas) para obtener el output. Sin embargo, ¿qué ocurre cuando no las conozco o no se pueden conocer porque la complejidad de la situación no lo permite? En este caso, la programación clásica no sería adecuada.

En definitiva, tanto en la programación clásica como en la inteligencia artificial los algoritmos son esenciales. En la primera, a partir de datos y reglas se obtienen soluciones. En la segunda a través de un conjunto de datos y sus soluciones, el ordenador proporciona reglas (aprende) y a partir de ellas se obtienen soluciones para otros datos.

Este aprendizaje ya sea automático (*machine learning*) o profundo (*deep learning*) se apoya en la asimilación de patrones en datos y su uso para generalizar lo aprendido a nuevas informaciones. Si los datos empleados en la fase de entrenamiento no son adecuados, los sistemas resultantes tampoco lo serán. En otras palabras, el algoritmo proporcionará reglas que se adaptarán a los datos de entrenamiento, por lo que aquí surge el primer riesgo. Los sesgos en los datos, ya sean históricos, de representación, de medición, de agregación o de evaluación, harán que el aprendizaje resulte poco efectivo.

Parece que la capacidad de la máquina para aprender de la experiencia y averiguar cómo resolver problemas ante unas condiciones dadas, contrastar la información y llevar a cabo tareas lógicas, debería resolver gran parte de los problemas de la sociedad actual y producir un acercamiento máquina-humano ... pero cuidado, porque hay una barrera infranqueable: las decisiones humanas no siempre son lógicas. Incluso podemos ir más allá en lo que Richard Thaler califica de decisiones irracionales. El *homo economicus* de la escuela neoclásica se ha convertido en un individuo que incorpora emociones cuando toma decisiones y éstas también son imperfectas e irracionales (Kahneman, 2013).

### **3. Sostenibilidad**

La sostenibilidad es otra idea que se ha instalado en nuestro día a día centrada en cuestiones sociales, enfocada hacia temas medioambientales, razones éticas (derechos humanos, producción o distribución de armas, tabaco y alcohol) o poniendo su atención en una combinación de los tres enfoques anteriores.

Desde el concepto de responsabilidad social corporativa establecido por Bowen en 1953, la idea ha evolucionado a definiciones algo más concretas, como la que establece la Comisión Europea de «la integración voluntaria por parte de las empresas de las preocupaciones sociales y medioambientales en sus operaciones comerciales y en sus relaciones con sus interlocutores». Sin embargo, una cosa es llegar a un consenso en la definición y otra la necesidad de fijar mecanismos y sistemas de medida para el compromiso de las empresas con las prácticas de responsabilidad social corporativa.

En el XVII Acto Internacional de Barcelona, celebrado el pasado mes de noviembre, los investigadores se planteaban *¿Por qué no un Mundo Sostenible? La Ciencia Económica va a su encuentro*. La cuestión se abordaba desde muchas perspectivas, algunas plasmadas de forma concreta como la propuestas de metodologías para la descarbonización hecha por nuestro presidente, prof. Gil Aluja, o *las Matemáticas y modelización matemática para un mundo sostenible*, defendida por el profesor Janusz Kacprzyk, por citar algunas.

Desde la perspectiva de la sostenibilidad, si algo queda claro, es que las decisiones económicas y financieras dependen en gran parte de la información creíble sobre el comportamiento de las empresas. Aunque esta demanda de información es generalmente atendida, por agencias de rating e indicadores sintéticos que proporcionan clasificaciones sobre sostenibilidad, lo cierto es que no se cuenta con patrones y estándares de sostenibilidad universalmente aceptados.

Precisamente contribuir a fijar esas directrices se dedicará parte de los esfuerzos de la recién creada Cátedra de Sostenibilidad que nuestra Real Corporación comparte con la Universidad de Barcelona y la Fundación Mutua Madrileña (RACEF, 2023).

#### **4. Economía Humanista**

El 17 de junio de 2021, la Junta General de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras dio carácter oficial a lo que en el transcurso de los



últimos 50 años se ha ido forjando como una Escuela de Barcelona cuyo objeto de investigación se centraba en las ciencias sociales y humanas desde una perspectiva económica en un sentido amplio. Esta marcada tradición humanista en las investigaciones económicas se formalizó con el nacimiento de la Escuela de Economía Humanista de Barcelona que recibió un apoyo unánime, tanto de los académicos como de otros muchos investigadores del área.

Su finalidad es fortalecer la cohesión entre grupos de investigadores de la ciencia económica de todos los continentes para transformar los instrumentos y operadores lógicos y matemáticos de corte mecanicista (los más utilizados generalmente) en instrumentos aptos para conseguir un tratamiento humanista y capaces de abordar problemas complejos que la fenomenología real plantea al mundo de la investigación.

Abordar la creciente complejidad de la economía y los desafíos de la digitalización requiere manejar técnicas que acerquen la investigación a la realidad de una Economía hecha por humanos, teniendo en cuenta las decisiones poco lógicas que adoptamos diariamente. De ahí que las aportaciones de Arnold Kaufmann, Lofti Zadeh, Jacques Pezé y sobre todo nuestro presidente el profesor Gil Aluja, para dotar de flexibilidad a los operadores y los métodos de la Economía sean herramientas tan valiosas en esta reivindicación de la Economía Humanista.

Difícilmente podremos abordar el comportamiento humano si nuestros instrumentos no nos permiten manejar la incertidumbre como un fenómeno inherente a la propia realidad. Y hoy sabemos que con la Inteligencia Artificial asistimos a un cambio de paradigma en la toma de decisiones, y estamos ante la posibilidad real de una revisión constante de los parámetros para que sean lo más ajustados posible a la realidad.

Uno de los grandes retos actuales de la Inteligencia Artificial es el Análisis de sentimiento. De hecho, quizás sea esta la vía para incorporar a los algoritmos la parte no lógica del pensamiento humano, la que tiene en cuenta el estado anímico de la persona y por extensión el nivel de satisfacción en la

interacción con clientes, proveedores y público en general. Y esto sin duda, no puede estar más en consonancia con parte de los objetivos de La Escuela de Economía Humanista de Barcelona (RACEF, 2021).

## 5. Una propuesta para conseguir el equilibrio entre las tres perspectivas

Para presentar una propuesta, me van a permitir que me apoye formalmente en los modelos de inversión y cuál ha sido su evolución en los últimos años (ver Figura 2). Expresados como modelos matemáticos, tanto en las inversiones tradicionales, como en las socialmente responsables o las de impacto social positivo se intenta maximizar la rentabilidad y minimizar el riesgo financiero. En el caso de la inversión tradicional no se imponen condiciones adicionales, en el caso de las inversiones socialmente responsables se añade la condición de que sean “activos sociales” (logrados a través de filtros) incrementando así el conjunto de restricciones de la inversión tradicional. Por último, en las las inversiones de impacto se añade como objetivo el intento de maximizar el impacto social (Liern, 2016).

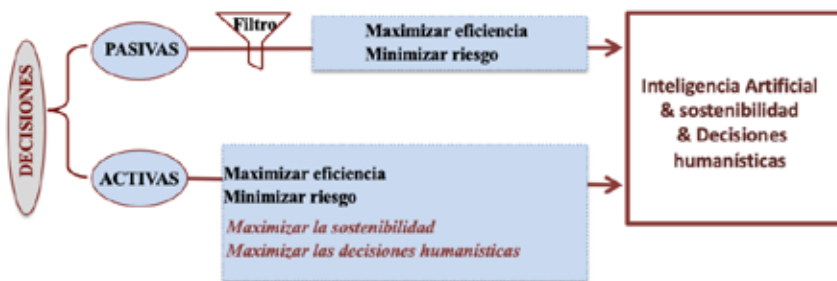


**Figura 2:** Esquema de nuestra propuesta.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Liern (2016).

Está claro que para que los tipos de inversiones hayan evolucionado de esta manera, como mínimo han pasado décadas. Sin embargo, con la velocidad con la que ha irrumpido la inteligencia artificial no podemos permitirnos tanto tiempo.

En mi modesta opinión se trataría de llegar a manejar reglas que marquen la parte humanista en las decisiones (ver Figura 3). Como hemos dicho anteriormente, establecer esas reglas cuando una situación es muy compleja resulta prácticamente imposible, pero para eso hemos sido capaces de dotarnos de herramientas que pueden establecerlas y proporcionar decisiones que las tenga en cuenta. Para conseguir esto necesitamos datos fiables de los que aprender, porque como advertíamos antes, si los datos empleados en la fase de entrenamiento no son adecuados, los sistemas resultantes tampoco lo serán y las decisiones serán erróneas.



**Figura 3:** Esquema de nuestra propuesta.

**Fuente:** Elaboración propia.

Se trata por tanto de determinar fuentes fiables de información que proporcionen los datos, y esta labor nos corresponde a nosotros: a los investigadores, a la Escuela de Economía Humanista de Barcelona, a la Barcelona Economics Network y otras escuelas de pensamiento. Obtener reglas a partir de buenos datos, ya es una cuestión de técnica y en esto sí que ha habido un enorme avance en los últimos años.

## 6. Conclusiones

Por último, y evitando alargar en exceso mis palabras, quisiera lanzar un mensaje positivo respecto de la inteligencia artificial en la toma de decisiones humanistas y sostenibles. A pesar de los problemas que estamos viendo todos los días, de ciberseguridad, etc. estamos en condiciones de que la transformación no se limite al ámbito de las empresas y las organizaciones, sino que se aplique a nivel personal, a través de la adopción de herramientas y tecnologías para mejorar la productividad, la eficiencia y la calidad de vida. Pero esto implica que la creación de las tecnologías debe estar guiada por el humanismo, con las exigencias de sostenibilidad, solidaridad y, más que nunca en estos momentos, una búsqueda constante de soluciones pacíficas.

En definitiva, se trata de aprovechar todo lo que hemos aprendido para intentar que los Sistemas Autónomos de Decisión y cuanto nos brinda la tecnología sean unos aliados para desarrollar actividades en beneficio de la colectividad, contribuyendo así a aportar nuestro granito de arena a mejorar la sociedad.

Señoras y señores, muchas gracias por su atención.

## 7. Referencias bibliográficas

García Vega, M. A. (2022): Transformación digital con una visión humanista, El País (03/05/2022). <https://elpais.com/tecnologia/digitalizacion/2022-0503/trasformacion-digital-con-una-vision-humanista.html>.

Iglesias Rodríguez, E., García Zaballos, A., Puig Gabarró, P., Benzaqué, I. (2020): Inteligencia artificial. Gran oportunidad del siglo XXI. Banco Interamericano de Desarrollo.

Jiménez, T. (2022): El anciano que ha puesto en un brete a la banca en España: «Esto no ha hecho más que empezar», ABC (C. Valenciana, 29/01/2022), <https://www.abc.es/espana/comunidad-valenciana/abci-revolucion-mayore>

s-no-hecho-mas-empezar-no-idiota-banco-espana-202201291611\_noticia.html.

Kahneman, D. (2013): *Pensar rápido, pensar despacio*. Penguin Random House.

Kaufmann, A., Gil-Aluja, J. (1986): *Introducción a la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas*. Milladoiro.

Kaufmann, A., Gil Aluja, J., Gil Lafuente, A. M. (1994): *La creatividad en la gestión de las empresas*. Ediciones Pirámide.

Liern, V. (2016): El impacto positivo como criterio para avanzar en la inversión socialmente responsable. *Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras*.

Liern, V., Pérez-Gladish, B. (2022): Multiple criteria ranking method based on functional proximity index: Un-weighted TOPSIS, *Annals of Operations Research* 311 (2), 1099-1121.

RACEF (2021): *Escuela de Economía Humanista de Barcelona*. [https://racef.es/archivos/actividad\\_cientifica/escuela\\_de\\_economia\\_humanistica\\_de\\_barcelona.pdf](https://racef.es/archivos/actividad_cientifica/escuela_de_economia_humanistica_de_barcelona.pdf).

RACEF (2023): *La Cátedra de Sostenibilidad abordará las finanzas, la alimentación y la energía*. <https://racef.es/es/node/5743>.

Saint-Exupéry, A. (1951): *El principito*. Emecé Editores.

Vallence, C. (2023): *Elon Musk among experts urging a halt to AI training*. <https://www.bbc.com/news/technology-65110030>.

Verdegay, J. L. (2019): *¿En qué piensan los algoritmos?*. Ed. Secretaría General de la Universidad de Granada. D.L. GR 1181-2019.

# APPLICATIONS OF STRUCTURAL EQUATION MODELING IN BUSINESS STUDIES: TESTING AND EVALUATING MULTIVARIATE CAUSAL RELATIONSHIPS<sup>1</sup>

Zoran Kalini<sup>1</sup>

Veljko Marinkovi<sup>1</sup>

Francisco Liébana-Cabanillas<sup>2</sup>

Iviane Ramos de Luna<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Faculty of Economics, University of Kragujevac, Serbia*

*<sup>2</sup>Department of Marketing and Market Research, University of Granada, Spain*

**Abstract:** SEM is an advanced data analysis technique used to test causal effects. Given that SEM as a technique is based on regression equations it can also be applied to machine learning. SEM is a combination of factor and regression analysis. This technique is more powerful than regression when it comes to complex models and the simultaneous testing of a large number of effects. As such, SEM enables the processing of a large amount of data. In business studies, this technique is especially used in market research. Namely, by surveying a large sample of consumers who evaluate dozens of statements, SEM provides the possibility of processing numerous inputs for the identification of predictors of latent variables. In this context, predictors of future consumer behavior are usually identified. In addition, SEM provides the possibility of inference at the level of the total sample and at the level of segments. In this way, the results could be compared between different groups, and frequent segmentation criteria are gender, age, user experience and frequency of use

---

<sup>1</sup> The paper was presented under the title: “Moderating effects of gender on user satisfaction in mobile commerce” at the International Scientific Conference: “Contemporary Issues in Economics, Business and Management – EBM 2018”, University of Kragujevac, Serbia

of a certain service. SEM analysis is usually carried out in two steps. First, the reliability, validity and model fit (measurement model) and then the causal effects (structural model) are tested. By identifying the key antecedents of a certain latent variable, SEM provides useful inputs for creating a business strategy. Additionally, knowledge about the strength of causal effects could be important input when it comes to the application of this technique in the field of artificial intelligence. In this study we will explain the application of SEM in the field of mobile commerce.

**Keywords:** structural equation modeling, market research, causal effects, mobile commerce.

**JEL Classification:** L 81, D 12.

## 1. Introduction

First mobile phones were the mobile versions of regular phones, enabling users to establish vocal communication from any location covered by mobile network signals. The development of technology (hardware and software) led to the new capabilities of mobile phones, like text and e-mail messaging and limited internet access. Finally, more powerful mobile phones, called smartphones, came in the last years of previous decade, with computer-like capabilities and a lot of options and applications. Today, the number of mobile subscriptions worldwide is higher than the number of the inhabitants of Earth (International Telecommunication Union, 2017). Although there are other mobile devices, smartphone is the most important representative of this category, with more than 1.5 billion new units produced and sold in 2017 (Gartner, 2017).

Mobile commerce (m-commerce), or the use of mobile devices for commercial activities, is one of the fastest-growing businesses today. About 75%

of mobile internet users made a purchase via mobile devices in the past six-month period (Interactive Advertising Bureau, 2016). Also, eMarketer (2017) estimates that B2C m-commerce today accounts for one-third of total e-commerce sales in the US, with the forecast that it will surpass 50% by 2021. One of the key questions for marketers is how to attract mobile shoppers and how to keep them loyal i.e. which factors influence their decision to adopt mobile shopping and to keep satisfied.

There are many studies on determinants of m-commerce acceptance (Agrebi and Jallais, 2015; Chong, 2013a; Chong, 2013b; Faqih and Jaradat, 2015; Kalinic and Marinkovic, 2016; Wei et al., 2009; Yadav et al., 2016; Zhang et al., 2012). On the other hand, due to its novelty, the number of published researches on consumer satisfaction in m-commerce is very limited (Marinkovic and Kalinic, 2017). The objective of presented study is to examine the factors influencing user satisfaction in mobile commerce, and the moderating effects of consumer gender on these relations.

The paper is structured as follows: Section 2 presents the literature review of similar studies on factors influencing satisfaction in m-commerce. Section 3 outlines proposed hypotheses and the research model. Section 4 details the methodology used in the study, while Section 5 presents data analysis and the research results. In Section 6, we discuss various implications of the obtained results. Finally, in Section 7, we explain the main limitations of our study and potential steps for further research.

## **2. Literature review**

Consumer satisfaction is a phenomenon of vital importance to all m-commerce stakeholders, as only satisfied customers will continue to use m-commerce i.e. to become loyal (Deng et al., 2010). According to Bhattacharjee (2001), it is five time more expensive to acquire new customer that retain existing one, so m-commerce providers pay a special attention on customer satisfaction and loy-



alty. However, since m-commerce is still a novelty in many countries, the number of scientific studies on factors influencing customer satisfaction, continuance intention to use and loyalty in m-commerce is rather limited.

Gao et al. (2015) found flow, satisfaction and trust to be significant predictors of continuance intention towards mobile shopping, while as the main predictors of customer satisfaction system quality and privacy and security concerns were reported. Likewise, self-efficiency and user satisfaction were found as the main antecedents of continuance intention towards mobile banking services, while confirmation and perceived usefulness were found as the key predictors of the satisfaction (Susanto et al., 2016).

The influence of perceived usefulness, perceived ease of use and attitude towards using mobile application services on customer satisfaction was investigated by Lee et al. (2015). On the other hand, Agrebi and Jallais (2015) tested the influence of perceived usefulness, perceived ease of use and perceived enjoyment on mobile shopping satisfaction. Besides perceived usefulness and perceived ease of use, Yeh and Li (2009) examined the influence of additional variables like customization and interactivity on customer satisfaction towards m-commerce provider. Zhou (2011) examined trust, perceived ease of use and perceived usefulness as the predictors of satisfaction with mobile website. Likewise, Lin and Wang (2006) explored the influence of perceived value and trust on customer satisfaction in m-commerce context.

The customer satisfaction in m-commerce was also examined by Choi et al. (2008), and content reliability and transaction process were found as the main predictors. Deng et al. (2010) studied the impact of perceived value, service quality and trust on customer satisfaction with mobile instant messaging and found that service quality had the strongest influence. Likewise, Kuo et al. (2009) reported perceived value and service quality as the most influential on customer satisfaction in mobile value-added services. The impact of perceived value, enjoyment, time saving and use context on customer satisfaction in mobile tourism shopping was investigated by Kim et al. (2015). Finally, Marinkovic and Kalinic (2017) examined the antecedents of customer

satisfaction in m-commerce and the moderating effects of customization. As the main predictors of satisfaction, they proposed trust, social influence, perceived usefulness, mobility and perceived enjoyment.

To the best of authors' knowledge, there are no studies exploring the role of gender on customer satisfaction in mobile commerce. Males are generally considered as more open to new ideas and technologies, and more influenced by perceived usefulness, while women are strongly influenced by perceived ease of use (Tan et al., 2014). In addition, women are more influenced by aesthetic details than men (Okazaki and Mendez, 2013). Liebana-Cabanillas et al. (2014) investigated the role of gender on the acceptance of mobile payments, and identified some significant differences between the attitudes of men and women. Yang (2005) reported gender as a significant predictor of perceived ease of use and usefulness in the m-commerce adoption context. Likewise, Riquelme and Rios (2010) found gender as a moderator of predictors of mobile banking adoption. The influence of gender on intention to use mobile services was also confirmed by Nysveen et al. (2005).

On the other hand, Leong et al. (2013) and Tan et al. (2014) reported that there was no significant difference between men and women regarding NFC mobile credit card adoption. The same was presented by Shin (2009), in the case of the acceptance of mobile wallets. Likewise, Faqih and Jaradat (2015) found that their behavioral model of m-commerce adoption based on TAM3 was robust against gender. Finally, Chong (2013c) found that gender had no significant relationship with any of the four m-commerce activities studied (content delivery; transactions; location-based services; entertainment).

### **3. Hypotheses and research model**

#### *Customer involvement*

Involvement in m-commerce implies that the customer is interested in and committed to this purchase environment (San-Martin and Lopez-Catalan,

2013), and that he/she is willing to send feedback to the m-commerce provider, helping him to improve the service or the offer (Yi and Gong, 2013). San-Martin and Lopez-Catalan (2013) reported involvement as a very significant predictor of customer satisfaction in mobile shopping. If the customer is more involved and interested, he will have more positive attitudes towards m-commerce and better understand the possible problems, so we assume that it is more likely that he will be satisfied than a consumer who is not involved or interested in m-shopping. Particularly, we believe that customer involvement will have positive impact on customization (as more interested consumer will be also more engaged in the customization of a product/service) and trust (as he will better understand the whole process and possible problems), and that this impact varies across genders. Therefore, the following hypotheses are proposed:

H1. The gender will moderate the relationship between customer involvement and customization.

H2. The gender will moderate the relationship between customer involvement and trust.

### *Social influence*

Social influence is often seen as the extent to which a consumer perceives that the important others, like relatives and friends, believe that he or she should use m-commerce (Chong, 2013d). Social influence, together with subjective norms, is one of the most frequently suggested predictors in technology adoption studies. In the study on continuance intention to use m-commerce, Lu (2014) reported that social influence had significant impact on perceived usefulness and personal innovativeness. Also, positive effects of subjective norms on satisfaction in m-shopping were confirmed for adult consumers (San-Martin et al., 2015). On the other hand, Marinkovic and Kalinic (2017) reported that social influence did not have significant direct influence on satisfaction in m-commerce. We believe that social environment may have dominant influence on perceived trust and perceived usefulness of m-com-

merce and that this influence is different for men and for women. Therefore, we suggest the following hypotheses:

H3. The gender will moderate the relationship between social influence and trust.

H4. The gender will moderate the relationship between social influence and perceived usefulness.

### *Mobility*

The possibility to shop at any time and from anywhere is one of the main advantages of m-commerce and customer mobility is often seen as one of the main drivers in any mobile service acceptance (Schierz et al., 2010). Mobility brings many conveniences to the consumers, including the reduction of shopping time and costs (no need to travel to the shop) and the possibility to shop when it is most convenient for the customer (during night, short breaks, etc.). Marinkovic and Kalinic (2017) reported mobility as one of the most significant determinants of customer satisfaction in m-commerce. Also, mobility had strong indirect impact, through use context, on satisfaction in mobile tourism shopping (Kim et al., 2015). In our opinion, mobility has a significant impact on perceived usefulness, as consumers find it very useful when they can shop with no time or space limits, but also that there are some differences in this impact between male and female consumers. Therefore, the following hypothesis is proposed:

H5. The gender will moderate the relationship between mobility and perceived usefulness.

### *Personal innovativeness*

Personal innovativeness is the willingness of an individual to try out new things, for example, new products or services (Kalinic and Marinkovic, 2016). Innovative customers are novelty seekers, usually communicative and curious,

more open to risk and unknown. They have more positive perceptions of innovative technologies, and since they like to try out novelties, it is more likely that they will perceive them as convenient and easy to use. In the study on continuance intention to use m-commerce, Lu (2014) reported that personal innovativeness had significant impact on perceived ease of use. However, in our opinion, this influence is moderated by consumer's gender, i.e. the following hypothesis is suggested:

H6. The gender will moderate the relationship between personal innovativeness and perceived ease of use.

### *Customization*

Customization and personalization of the offer are effective tools to better meet consumers' expectations and increase their satisfaction (Wang and Li, 2012). Customization may be defined as the "degree of offering or recommending tailored content and the transactional environment to individual customers" (Choi et al., 2008, p. 321). Consumers like the possibility to have unique, customized product/service, and this significantly increase their positive attitudes, satisfaction and loyalty. Customization was found as an important predictor, but also a moderator of other predictors, of satisfaction in m-commerce (Marinkovic and Kalinic, 2017). In addition, Yeh and Li (2009) reported significant influence of customization capabilities of vendor's website on customer satisfaction and trust towards online vendor. Therefore, we propose the following hypothesis:

H7. The gender will moderate the relationship between customization and satisfaction.

### *Trust*

Trust plays important role in every business relations, including commerce. It reflects a consumer's positive expectations of m-commerce providers' future behavior (Zhou, 2011). Its significance is even more important and influential in the virtual and wireless environment of m-commerce. There-

fore, m-commerce providers should be perceived as trustful, if they want to attract new customers or to keep existing ones satisfied and loyal. Trust was found as one of the most significant predictors of customer satisfaction in m-commerce (Lin and Wang, 2006; Marinkovic and Kalinic, 2017). The same was confirmed by Susanto et al. (2016), in the study of continuance intention to use m-banking services. Zhou (2011) reported trust as the most important antecedent of consumer satisfaction with mobile websites. Finally, Deng et al. (2010) found that trust plays important role in customer satisfaction with mobile instant messages in China. However, we believe that gender also plays an important role in consumer perceptions of provider's trustfulness. For example, Liebana-Cabanillas et al. (2014) found that the impact of perceived trust on the attitude towards usage mobile payments was significantly stronger among women than among men. Therefore, we suggest the following hypothesis:

H8. The gender will moderate the relationship between trust and satisfaction.

#### *Perceived usefulness*

Perceived usefulness is one of the original constructs of Technology Acceptance Model (TAM) and one of the most often used predictors in technology adoption and customer satisfaction studies. It is usually defined as "the degree to which a person believes that using a particular system would enhance his or her job performance" (Davis, 1989, p. 320). Perceived usefulness was reported as a statistically significant determinant of customer satisfaction in m-commerce in several studies (Cho, 2008; Lee et al., 2015; Marinkovic and Kalinic, 2017), while Agrebi and Jallais (2015) found it as even the most important determinant of satisfaction. Zhou (2011) found perceived usefulness as an important predictor of satisfaction with mobile websites. In the study on continuance intention to use m-banking services, Susanto et al. (2016) reported perceived usefulness as a significant antecedent of user satisfaction. The same was reported by Lu (2014), in the research on continuance intention to use m-commerce. On the other hand, Yeh and Li (2009) found no evidence of significant impact of usefulness on satisfaction towards m-commerce vendor.

Finally, Liebana-Cabanillas et al. (2014) found that perceived usefulness had a higher impact on intention to use mobile payments among men than among women. But, gender was not found to predict perceived usefulness of mobile banking (Chuan et al., 2012). Therefore, we assume that perceived usefulness has significant influence on satisfaction, but that this influence is different across genders, so the following hypothesis is proposed:

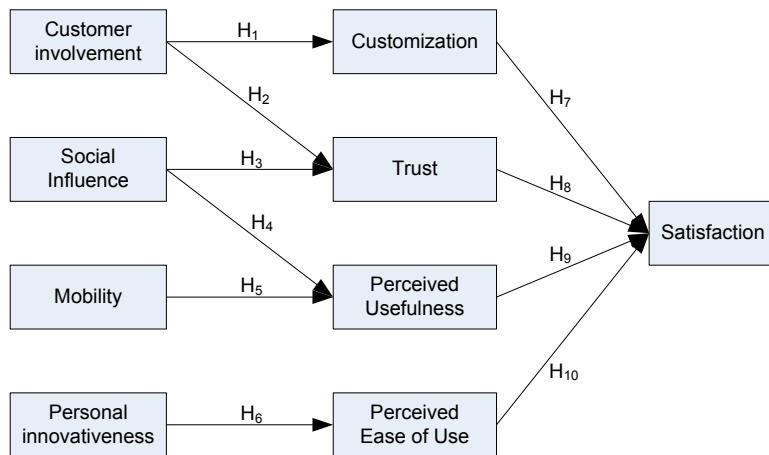
H9. The gender will moderate the relationship between perceived usefulness and satisfaction.

#### *Perceived ease of use*

Perceived ease of use (PEOU) is defined as “the overall mental effort of using m-commerce as a post-adoption experience” (Lu, 2014) and also represents one of the original constructs of TAM and frequently used determinant in technology adoption and customer satisfaction studies. Although not so important as perceived usefulness, effortless user experience influences overall user satisfaction. Lee et al. (2015) reported PEOU as a significant determinant of customer satisfaction in mobile services. Yeh and Li (2009) found PEOU as an important predictor of consumer satisfaction towards online vendor. Significant influence of PEOU on satisfaction in m-commerce was also reported by Agrebi and Jallais (2015) and Cho (2008). Finally, PEOU significantly affected customer satisfaction with mobile websites (Zhou, 2011). Also, gender was found to predict PEOU of mobile banking (Chuan et al., 2012). On the other hand, Lu (2014) found that PEOU had no impact on continuance intention to use m-commerce, Also, Nysveen et al. (2005) found no evidence of significant influence of PEOU on intention to use mobile service, for both, men and women. Based on previous studies, we propose the following hypothesis:

H10. The gender will moderate the relationship between perceived ease of use and satisfaction.

Finally, the overall research model is presented in Figure 1.



**Figure 1.** Research model

## Methodology

The aim of our study is to examine the factors influencing user satisfaction in mobile commerce, and to test the moderating effects of gender on these relations. The study involved 224 respondents, who are clients of one of the three mobile network operators in the Republic of Serbia. Precisely, a convenience sample was used. Gathering data in the Republic of Serbia is usually done through personal, telephone or online-based survey. In this case, we decided to conduct personal interview, since we assume it would yield a relatively high response rate. In line with that, we administered the questionnaires to respondents who were willing to take part in the survey. The respondents were contacted by the interviewers and asked to participate in the survey, when leaving the premises after conducting a specific transaction.

In this study we implemented the multi-item approach, which means that each latent variable was measured through several statements. This approach is common in contemporary marketing field research. Respondents expressed their level of agreement with the statements on a seven-point



Likert scale (1 – completely disagree; 7 – completely agree). Selected statements were based on a review of relevant literature (Chan and Chong, 2013; Chong et al. 2012; Wu and Wang, 2005, Wei et al. 2009; Zarpou et al. 2012; Kim et al. 2010; Yeh and Li, 2009; Yi and Gong, 2013; San-Martin and Lopez-Catalan, 2013).

The sample consists almost equally of women and men (55.8 percent are women and 44.2 percent are men). The majority of the respondents are young people, under 45 years of age (79.5 percent). This structure of the sample reflects the fact that mobile commerce is still a new type of service in the Republic of Serbia which is mainly used by young people.

Statistical analysis was implemented in Statistical Package for Social Sciences (SPSS 20) and Amos 18. First, we conducted reliability and confirmatory factor analysis to test the validity of the proposed research model. Second, we used structural equation modeling (SEM) to estimate the statistical significance of the main effects in the total sample. Third, we applied the invariance analysis to determine the moderating role of gender.

## Results

Prior to implementing SEM, through reliability and confirmatory factor analysis the suitability of the overall model fit was determined. The results confirm a high level of internal consistency of used statements for measuring every latent variable. Cronbach's alpha values of all factors were greater than the threshold of 0.6, which indicates an acceptable level of reliability. In addition, proposed model adequately fits the data ( $\chi^2/df=1.73$ ; CFI=0.96; TLI=0.95; IFI=0.96; RMSEA=0.06). The results are shown in Table 1 and Table 2.

All confirmatory factor loadings exceeded 0.60, and all were significant at the level of 0.05. Average variance extracted (AVE) for all variables exceeded

the threshold of 0.5 (Customer participation=0.61; Social influence=0.58; Mobility=0.76; Personal innovativeness=0.73; Customization=0.79; Trust=0.76; Usefulness=0.84; Ease of use=0.82; Satisfaction=0.78). Thus, convergent validity of the model was confirmed (Fornell and Larcker, 1981). The composite reliabilities of the model is also supported, since the fact that for all latent variables CR values were greater than 0.7 (Customer involvement=0.75; Social influence=0.80; Mobility=0.93; Personal innovativeness=0.89; Customization=0.92; Trust=0.93; Usefulness=0.94; Ease of use=0.95; Satisfaction=0.91).

**Table 1.** Reliability analysis

Variables	Cronbach's alpha
Customer involvement	0.74
Social influence	0.80
Mobility	0.92
Personal innovativeness	0.88
Customization	0.92
Trust	0.93
Usefulness	0.94
Ease of use	0.95
Satisfaction	0.91

**Table 2.** The model – fit indices

Fit indices	Recommendede value	Measurement model
$\chi^2 / df$	< 3	1.73
CFI	> 0.9	0.96
TLI	> 0.9	0.95
IFI	> 0.9	0.96
RMSEA	< 0.08	0.06

Notes: CFI – comparative goodness of fit; TLI – Tucker-Lewis Index; IFI – incremental fit index; RMSEA – root mean square error of approximation.

Based on the structure of the developed research model, 10 effects were tested. First, we conducted SEM analysis at the level of the total sample. The results in table 3 indicate that all 10 effects are statistically significant. It is important to stress that the strongest relationship is present between Customer participation and Customization. The findings clearly show that Customization, Trust, Usefulness and Ease of use proved to be significant triggers of Satisfaction. In addition, out of the four antecedents, Customization has the strongest impact on Satisfaction.

**Table 3:** SEM results (Overall sample)

Effect	Estimate	p value
Customer involvement → Customization	1.065	0.034
Customer involvement → Trust	0.641	0.006
Social influence → Trust	0.257	0.016
Social influence → Usefulness	0.645	0.009
Mobility → Usefulness	0.467	0.007
Personal innovativeness → Ease of use	0.465	0.005
Customization → Satisfaction	0.498	0.010
Trust → Satisfaction	0.202	0.005
Usefulness → Satisfaction	0.133	0.029
Ease of use → Satisfaction	0.156	0.017

In our research model, gender is considered to be a moderator that affects the relationship between latent variables. In this case, the sample was split in two groups (women and men). Invariance analysis clearly indicate that the two observed groups are different (p=0.00). The results are shown in Table 4. This generally supports the moderating effect of gender.

**Table 4:** Invariance analysis

Overall model	$\chi^2$	df	p value	invariant
Unconstrained	1404.2	722		
Fully constrained	847.1	367		
Difference	557.1	355	0,000	NO (Groups are different)

**Table 5:** Testing the moderation effect (moderator: gender)

Effect	Estimate (Women)	Estimate (Men)	Z score
Customer involvement → Customization	0.915	1.231	1.425
Customer involvement → Trust	0.547	0.738	0.966
Social influence → Trust	0.224	0.373	0.888
Social influence → Usefulness	0.827	0.450	-1.731*
Mobility → Usefulness	0.341	0.565	1.161
Personal innovativeness → Ease of use	0.625	0.324	-2.328**
Customization → Satisfaction	0.564	0.426	-1.020
Trust → Satisfaction	0.088	0.388	2.482**
Usefulness → Satisfaction	0.183	0.058	-1.408
Ease of use → Satisfaction	0.227	0.055	-1.323

Notes: \*\* p-value < 0.05; \* p-value < 0.10

Concerning the 10 relationships between latent variables of the model, at the level of subsamples (women and men), differences in the three effects were found to be statistically significant (Table 5). First, the impact of Social influence on Usefulness is significantly higher among women than among men. Second, we can conclude that the effect of Personal innovativeness on Ease of use is also higher in the women subsample. On the other hand, our third key research finding indicates that the impact of Trust on Satisfaction is significantly stronger among men. This findings support hypotheses H4, H6 and H8. Finally, it is important to stress that the independent variables explain 79.1% of variance in Satisfaction in the men subsample, compared to 74.5% of variance among women.

## Conclusion

One of the key contributions of the conducted study is the application of quantitative research and the formation of a new model for measuring the satisfaction of users of mobile commerce services. So far, a relatively small number of researches on this topic has been conducted on the territory of the Republic of Serbia. A special value is provided by a specific combination of the variables of the proposed model and the examination of their mutual relations in the field of mobile services, which still fall into the ranks of new services and whose more frequent use is expected in the future period. In addition, few similar studies conducted in the countries of Western Europe, the USA, or Asia, contained variations of Customer involvement and Personal innovativeness, which enhances the originality of the research model. Also, the model contains fundamental variables in the domain of mobile commerce, which are in almost all models their significant components, such as Mobility, Trust, Usefulness and Ease of use.

The work also provides a certain methodological contribution when it comes to the data analysis process. Specifically, apart from testing the main effects at the level of the total sample through SEM analysis, the moderate effect of the gender was also tested. All respondents were divided into two groups (women and men). In this context, an invariance analysis was carried out, indicating that, in general, there were differences in attitudes between the members of the two observed groups. Subsequently, multi-group SEM was also applied to compare the values of each individual effect between the two variables achieved in both groups.

The analysis of the whole sample showed the statistical significance of all 10 tested effects. Nevertheless, the results indicate that the Customer involvement variable is the key driver of Customization, which is set out below as the strongest user satisfaction antecedence. The research findings clearly state that consumers whose value and lifestyle system are in line with the image and benefits of mobile commerce are mostly ready to engage in the process of

creating new services and to provide useful ideas to the management in terms of improving the business process. These consumers show the highest level of satisfaction with mobile commerce services.

The results of the multi-group SEM analysis show that the differences between the two groups were based on 3 out of a total of 10 tested effects. The impact of the social environment on the perception of the benefits of mobile commerce is stronger in the group made up of women. In addition, innovativeness in the use of new information technologies makes women easier to acquire the skills of using mobile commerce services than it is the case with men. Nevertheless, unlike women, men will show a higher degree of satisfaction if they have confidence in the security of transactions that are performed through a mobile phone. In this regard, it is important that the management of mobile providers continuously works on improving the system of personal data protection. It is necessary for citizens to be well informed about these security systems, but it is also important that marketing campaigns highlight all the benefits that mobile commerce offers to customers.

Finally, we can distinguish several potential directions of future research. First, the research was carried out only on the territory of the Republic of Serbia. Therefore, it would be also interesting to comparatively analyze the views of citizens of other Western Balkan countries. This would give the study a wider, international dimension. Secondly, it is always advisable to work on model improvement and on inclusion of new variables. In this context, the security aspect can be analyzed through a number of variables. Thirdly, new studies may include other demographic moderators, such as age, or level of education of respondents.

## **Acknowledgments**

This research was partially supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia, as a part of

research project III-44010, titled: Intelligent Systems for Software Product Development and Business Support based on Models.

## Literature

- Agrebi, S., & Jallais, J. (2015). Explain the intention to use smartphones for mobile shopping. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 22, 16-23.
- Bhattacharjee, A. (2001). An empirical analysis of the antecedents of electronic commerce service continuance. *Decision Support Systems*, Vol. 32, pp. 201-214.
- Chan, F.T.S., & Chong, A.Y.L. (2013), Analysis of the determinants of consumers' m-commerce usage activities, *Online Information Review*, 37(3), 443-461.
- Cho, Y.C. (2008), "Assessing user attitudes toward mobile commerce in the US vs. Korea: Implications for m-commerce CRM", *Journal of Business & Economics Research*, Vol. 6 No. 2, pp. 91-102.
- Choi, J., Seol, H., Lee, S., Cho, H. and Park, Y. (2008), "Customer satisfaction factors of mobile commerce in Korea", *Internet Research*, Vol. 18 No. 2, pp. 313-335.
- Chong, A. Y.-L. (2013a). Predicting m-commerce adoption determinants: A neural network approach. *Expert Systems with Applications*, 40(2013), 523–530.
- Chong, A. Y.-L. (2013b). A two-staged SEM-neural network approach for understanding and predicting the determinants of m-commerce adoption. *Expert Systems with Applications*, 40(4), 1240–1247.
- Chong, A. Y.-L. (2013c). Mobile commerce usage activities: The roles of demographic and motivation variables. *Technological Forecasting & Social Change*, 80, 1350–1359.
- Chong, A. Y.-L. (2013d), "Understanding mobile commerce continuance intentions: an empirical analysis of Chinese consumers", *Journal of Computer Information Systems*, Vol. 53 No. 4, pp. 22-30.

- Chong, A.Y.L., Chan, F.T.S., & Ooi, K.B. (2012), Predicting consumer decisions to adopt mobile commerce: Cross country empirical examination between China and Malaysia, *Decision Support Systems*, 53, 34–43.
- Chuan, T.C., Tan, G.W-H., Cheah, C-M., Yew, K-T. (2012). Can the Demographic and Subjective Norms Influence the Adoption of Mobile Banking? *International Journal of Mobile Communications*, doi:10.1504/IJMC.2012.049757
- Davis, F.D. (1989), “Perceived usefulness, perceived ease-of-use, and user acceptance of information technologies”, *MIS Quarterly*, Vol. 13 No. 3, pp. 319-340.
- Deng, Z., Lu, Y., Wei, K.K. and Zhang, J. (2010), “Understanding customer satisfaction and loyalty: An empirical study of mobile instant messages in China”, *International Journal of Information Management*, Vol. 30, pp. 289-300.
- eMarketer (2017). Mobile Commerce Roundup. eMarketer, [https://www.emarketer.com/public\\_media/docs/eMarketer\\_Mobile\\_Commerce\\_Roundup\\_2017.pdf](https://www.emarketer.com/public_media/docs/eMarketer_Mobile_Commerce_Roundup_2017.pdf) (accessed 14 March 2018).
- Faqih, K.M.S, & Jaradat, M-I.R.M. (2015). Assessing the moderating effect of gender differences and individualism-collectivism at individual-level on the adoption of mobile commerce technology: TAM3 perspective. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 22, 37-52.
- Fornell, C., & Larcker, D.F. (1981), Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error, *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-80.
- Gartner (2017). Gartner Says Worldwide Device Shipments Will Increase 2 Percent in 2018, Reaching Highest Year-Over-Year Growth Since 2015, *Gartner*, <https://www.gartner.com/newsroom/id/3816763>, (accessed 19 January 2018).
- Gao, L., Waechter, K.A., Bai, X. (2015). Understanding consumers’ continuance intention towards mobile purchase: A theoretical framework and empirical study – A case of China. *Computers in Human Behavior*, Vol. 53, pp. 249-262.



- Interactive Advertising Bureau (2016). A Global Perspective of Mobile Commerce. Interactive Advertising Bureau, <https://www.iab.com/wp-content/uploads/2016/09/2016-IAB-Global-Mobile-Commerce-Report-FINAL-092216.pdf> (accessed 12 December 2017).
- International Telecommunication Union (2017), Measuring the Information Society Report 2017, Volume 1, available [https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/misr2017/MISR2017\\_Volume1.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/misr2017/MISR2017_Volume1.pdf) (accessed 19 January 2018).
- Kalinic, Z., & Marinkovic, V. (2016). Determinants of users' intention to adopt m-commerce: an empirical analysis. *Information Systems and E-Business Management*, 14(2), 367-387.
- Kim, M.J., Chung, N., Lee, C-K. and Preis, M.W. (2015), "Motivations and use context in mobile tourism shopping: applying contingency and task-technology fit theories", *International Journal of Tourism Research*, Vol. 17, pp. 13-24.
- Kim, C., Mirusmonov, M., & Lee, I. (2010), An empirical examination of factors influencing the intention to use mobile payment, *Computers in Human Behavior*, 26, 310–322.
- Kuo, E., Kim, E.Y. and Lee, E.K. (2009), "Modeling Consumer Adoption of Mobile Shopping for Fashion Products in Korea", *Psychology & Marketing*, Vol. 26 No. 7, pp. 669-687.
- Lee, C-Y., Tsao, C-H. and Chang, W-C. (2015), "The relationship between attitude toward using and customer satisfaction with mobile services: an empirical study from the life insurance industry", *Journal of Enterprise Information Management*, Vol. 28 No. 5, pp. 680-697.
- Leong, L.-Y., Hew, T.-S., Tan, G. W.-H., & Ooi, K. B. (2013). Predicting the determinants of the NFC-enabled mobile credit card acceptance: A neural network approach. *Expert Systems with Applications*, 40(2013), 5604–5620.
- Liébana-Cabanillas, F., Sánchez-Fernández J. & Muñoz-Leiva, F. (2014). Role of gender on acceptance of mobile payment. *Industrial Management & Data Systems*, 114 (2), 220-240

- Lin, H-H. and Wang, Y-S. (2006), “An examination of the determinants of customer loyalty in mobile commerce contexts”, *Information & Management*, Vol. 43, pp. 271-282.
- Marinković, V., Kalinić, Z. (2017). Antecedents of customer satisfaction in mobile commerce: Exploring the moderating effect of customization. *Online Information Review*, Vol. 41 Issue 2, pp. 138-154
- Nysveen, H., Pedersen, P.E., Thorbjornsen, H. (2005). Explaining intention to use mobile chat services: moderating effects of gender. *Journal of Consumer Marketing*, 22 (5), 247-256.
- Okazaki, S. & Mendez, F. (2013). Exploring convenience in mobile commerce: Moderating effects of gender. *Computers in Human Behavior*, 29, 1234-1242.
- Riquelme, H.E., Rios, R.E. (2010). The moderating effect of gender in the adoption of mobile banking. *International Journal of Bank Marketing*, Vol. 28, No. 5, pp. 328-341.
- San-Martin, S., Lopez-Catalan, B. (2013). How can a mobile vendor get satisfied customers?, *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 113, No. 2, pp. 156-170
- Schierz, P. G., Schilke, O. and Wirtz, B. W. (2010), “Understanding consumer acceptance of mobile payment services: An empirical analysis”, *Electronic Commerce Research and Applications*, Vol. 9 No. 3, pp. 209-216.
- Shin, D-H. (2009). Towards an understanding of consumer acceptance of mobile wallet. *Computers in Human Behavior*, 25, 1343–1354.
- Susanto, A., Chang, Y., Ha, Y. (2016). Determinants of continuance intention to use the smartphone banking services: An extension to the expectation-confirmation model, *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 116, No. 3, pp. 508-525.
- Tan, G. W.-H., Ooi, K.-B., Chong, S.-C., & Hew, T.-S. (2014). NFC mobile credit card: The next frontier of mobile payment? *Telematics and Informatics*, 31, 292–307.

- Wang, W-T. and Li, H-M. (2012), “Factors influencing mobile services adoption: a brand-equity perspective”, *Internet Research*, Vol. 22 No. 2, pp. 142-179.
- Wei, T. T., Marthandan, G., Chong, A. Y.-L., Ooi, K.-B., & Arumugam, S. (2009). What drives Malaysian m-commerce? An empirical analysis. *Industrial Management & Data Systems*, 109(3), 370–388.
- Wu, J-H., & Wang, S-C. (2005), What drives mobile commerce? An empirical evaluation of the revised technology acceptance model, *Information & Management*, 42(5), 719-729.
- Yadav, R., Sharma, S.K., & Tarhini, A. (2016). A multi-analytical approach to understand and predict the mobile commerce adoption. *Journal of Enterprise Information Management*, 29(2), 222-237.
- Yang, K.C.C. (2005). Exploring factors affecting the adoption of mobile commerce in Singapore. *Telematics and Informatics*, 22, 257-277.
- Yeh, Y.S. and Li, Y-M. (2009), “Building trust in m-commerce: contributions from quality and satisfaction”, *Online Information Review*, Vol. 33 No. 6, pp. 1066-1086.
- Yi, Y., Gong, T. (2013). Customer value co-creation behavior: Scale development and validation, *Journal of Business Research*, Vol. 66, Issue 9, pp. 1279-1284
- Zarpou, T., Saprikis, V., Markos, A., & Vlachopoulou, M. (2012), Modeling users’ acceptance of mobile services, *Electronic Commerce Research*, 12, 225–248.
- Zhang, L., Zhu, J., & Liu, Q. (2012). A meta-analysis of mobile commerce and the moderating effect of culture. *Computers in Human Behavior*, 28(5), 1902–1911.
- Zhou, T. (2011), “Examining the critical success factors of mobile website adoption”, *Online Information Review*. Vol. 35 No. 4, pp. 636-652.

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL: INNOVACIONES ECONÓMICAS CUÁNTICAS Y SOCIALES

Dr. José Daniel Barquero

*Académico de Número de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras*

Este año 2023 en nuestra Real Academia nos hemos caracterizado por ser foro de debate en torno a tres conceptos muy importantes, los cuales aportan a nuestra nueva sociedad económica grandes adelantos y avances. Estos debates han pivotado sobre las tres “R” que corresponden a Reducir, Reutilizar y Reciclar así como todo lo que gira en torno a estas tres “R”. Siendo las empresas y empresarios que se precien quienes han de tener muy en cuenta las “R” dentro de su estrategia y responsabilidad social. También este año nuestra Real Academia ha organizado en la Universidad de Salamanca y en el Instituto Nacional de Ciberseguridad de España, apasionados debates y conferencias sobre lo que la nueva economía mundial nos deparará a partir de ahora con las nuevas tendencias tecnológicas las cuales están centradas en una muy mejorada inteligencia artificial y una compleja economía cuántica que no deja de preocuparnos a la vez que admiramos.

En esta ponencia de hoy les expondré un resumen de lo escrito por mí para este congreso de Serbia. En primer lugar, sobre las tendencias actuales de la inteligencia artificial, y en segundo lugar sobre las tendencias de la economía cuántica.

Empezaré pues hablando de una ciencia que avanza a una hipervelocidad sin precedentes: la Inteligencia Artificial. La cual está unida a la computación generando a través de la creación de una serie de softwares muy sofisticados unos algoritmos sabiamente combinados que son capaces de imitar e incluso superar con gran precisión los comportamientos humanos inteligentes y además a sus complejas capacidades. Pero, ¿qué hay detrás de la intelligen-

cia artificial?. Pues un muy potente sistema de extracción, interpretación y análisis muy precisos de patrones, centrados en una cantidad de millones de informaciones, que pueden incluso predecir y acertar datos presentes y futuros e incluso desconocidos y además de dar respuestas alternativas, tal vez nunca planteadas.

Siendo sus aplicaciones infinitas hoy en día, tantas como podamos llegar a imaginar. En la actualidad: De ChatGPT, es el primer canal de noticias generado por Inteligencia Artificial, Radio GPT es la pionera emisora de radio que dirige la Inteligencia Artificial. La Compañía Lockheed Martin y el ejército de EEUU han conseguido que un avión de guerra denominado: Vista X-62A, parecido al famoso F 16, fuese pilotado 16 horas por Inteligencia Artificial.

También la Inteligencia Artificial es capaz de crear vídeos con avatares y dotar a esos vídeos de efectos especiales, en tiempos récord con el ahorro que representan a los productores. También la IA es capaz de dar clases con información acontecida hace tan solo unos minutos y atender a un paciente sin temor a equivocarse en su diagnóstico médico.

Si estuviese autorizada esa inteligencia artificial por el Ministerio del Interior en cuanto a protección de datos, sería capaz de localizar a alguien tan pronto saliera a la calle entre miles y miles de individuos lo cual permitiría localizar a un terrorista rápidamente, pero vulnerando la privacidad de miles de personas en esa búsqueda. Eso hace que muchos académicos nos preguntemos: ¿es lícito que para vigilar a unos pocos tengamos que vigilar a muchos?

Pero no nos engañemos, porque nadie puede frenar los adelantos científicos, sin ir más lejos hoy ya podría utilizar cualquier ciudadano el transporte público o privado en Europa, sin ningún documento, solo mostrando su cara y previo pago del billete. Hace unos días el Catedrático de la Universidad de Barcelona Fernando Casado, nos explicaba que en su último viaje de negocios a EEUU no le hizo falta enseñar el billete pues el reconocimiento facial le permitió el acceso al avión.

Por otra parte, el hecho de salvar vidas será aún más fácil y certero por ejemplo: una persona que se desmaye o tenga un accidente en la calle en tan solo unos segundos y mientras llega la ambulancia ya tendrán por reconocimiento facial desde la ambulancia y hospital donde se le espera su historial médico y a través de su reloj digital las pulsaciones e incluso si tiene fiebre o no.

Además, en el sector de la seguridad cualquier acción ilícita con todo lo que esto implica será detectada por la policía rápidamente incluso antes de que ocurra el robo a través del análisis del comportamiento y movimientos de los individuos por ejemplo hoy en día ya es una realidad y algunos sistemas de alarmas muy razonables de precio incluso ya lo ofrecen.

Veamos unos ejemplos de seguridad que nos ofrece la IA y hoy en día ya son una realidad : un reincidente que no pague en el metro, una persona conflictiva en un estadio, una persona que robe en un supermercado, un violador, un ladrón, cualquier persona con órdenes de alejamiento que se aproxime donde lo tiene prohibido puede ser detectada en el mismo momento que acceda a un sitio prohibido y un largo etc. Un sistema de seguridad basado en Inteligencia artificial y utilizado recientemente por Mercadona según distintos medios de comunicación con el escaneo de las caras de todos sus clientes les permitía detectar a ladrones reincidentes con orden de alejamiento de robo evitado nuevos hurtos y pérdidas económicas muy importantes y así invitarlos a poder abandonar un supermercado de Mercadona, con toda discreción pero eso le costó una multa de 2,5 millones de euros por utilizar la identificación biométrica, por lo que esa empresa seguirá siendo robada.

Pero tampoco hemos de ver en la inteligencia artificial un peligro, pongamos un ejemplo de los beneficios de la inteligencia artificial aplicada a la agricultura para paliar el hambre en el mundo. Todo se centra en la información precisa a los agricultores pues se les explicará en base a lo que ha llovido y lo que lloverá ¿cuándo y qué día y a qué hora sembrar ? ¿Cuánto abono poner y en según qué partes del campo?, ahorrando costes y generando beneficios. Además, en el campo a través de sensores en la tierra y vuelos de drones y

otros elementos técnicos también sabremos ¿dónde se inicia una plaga?, ¿qué tipo de insecto tienen? ¿cómo son y cómo y con qué producto combatirlos?, también ¿dónde se echa más herbicida y donde menos? Si entran animales en nuestras tierras a comerse sus pastos ¿qué tipo de animal es?, ¿cuándo y a qué hora entra? y ¿cómo ahuyentarlos?, también ¿qué día recoger la cosecha para que la simiente pese más y se obtengan más beneficios?, ¿qué día vender la cosecha en base al interés de los mercados? ¿Para cuándo contratar a los temporeros? Y ¿con cuánto tiempo de anticipo nos recomienda su búsqueda? En el supuesto de utilizar máquinas estas ya están trabajando día y noche sin parar y con extrema delicadeza ganando tiempo al tiempo incluso sin operarios, adelantándose a un futuro próximo en el que es difícil contratar temporeros, ¿serán sofisticados robots que trabajarán día y noche? En la actualidad ya se utilizan máquinas muy sofisticadas en la recolección, siendo capaces hasta de escanear los campos vía satélite, no perdiendo ni un grano y además si esos días llueve nos darán respuesta a ¿Es mejor adelantar o esperar la recogida de la cosecha? Tendremos respuesta a todo y para todo, con ahorros de costes espectaculares ya que ¿por qué regar todo un campo? si sólo hace falta regar una zona determinada, ¿Por qué fumigar todo un campo? si solo hace falta en la zona que se inicia la plaga y así un largo etc.

Esto hace que nos planteemos: ¿Cuál será el futuro de los trabajos?, ¿Porque no podrán ejercer avatares en profesiones como, educación, medicina, derecho, defensa, vigilancia de fronteras, vigilancia ciudadana, entre otras profesiones?

Tengamos en cuenta que los avatares pueden hacer con su amplia experiencia basada en la Inteligencia Artificial dictámenes certeros al comparar por ejemplo nuestro dictamen médico con otros miles de casos iguales y ofrecer estadísticas y resultados al instante de lo que hicieron otros pacientes y como les fue, con quién y cómo se trataron.

Los EEUU con DARPA (Agencia de Proyectos de investigación avanzados) tiene muy adelantado un proyecto que presentará en breve y a través del

cual la inteligencia artificial decidirá a quién y en qué orden se atiende en caso de una emergencia dependiendo de su gravedad, edad y otras prioridades.

Estamos ante la ciencia de la información elevada a su máxima expresión y tal es así que los propios EEUU y La Casa Blanca a la cabeza ya está tomando medidas con la que se identifican varios académicos como el catedrático Vicente Liern, experto en algoritmos, para tratar de poner límites a esta inteligencia artificial y que los EEUU las han condensado en cinco puntos:

- 1- Sistemas seguros y eficaces.
- 2- Protección contra la discriminación algorítmica.
- 3- Privacidad de los datos.
- 4- Información y Advertencia.
- 5- Impugnación e intervención humana.

En la actualidad según el profesor y periodista económico Juan Carlos Valero, la Inteligencia Artificial está tan avanzada que es capaz de abarcar numerosos campos científicos y muchos otros.

Siendo autosuficiente para poder imitar incluso funciones cognitivas que van desde aprender, pensar, razonar, resolver, cuestionar e incluso crear, siendo el inicio de un futuro imparable que si bien avanza rápidamente aún están por descubrir muchas de sus posibles aplicaciones.

Esto hace que nos planteemos muchas cuestiones entre otras, ¿cómo cambiará la economía en el mundo? por ejemplo, en las universidades de países en vías de desarrollo: ¿Los temarios podrán ser impartidos por avatares? Avatares además que como afirma el catedrático Javier Maqueda Lafuente, serán profesores expertos en la disciplina que se quiera, pudiendo contestar a todo lo que se le pregunte y además certeramente y en el idioma que se le pregunte cumpliendo temarios, corrigiendo exámenes y pudiendo examinar uno a uno de sus alumnos oralmente a la hora que el alumno elija.



Si partimos sobre la premisa que el otro día nos explicaba el catedrático Enrique López González en su intervención en el Incibe sobre que la educación es igual a desarrollo, estos países en vías de desarrollo evitarán costes de contratar a los mejores expertos en acción para impartir clases pues ya los tendrán y a los mejores precios, incluso gratis y evitarán además costosas construcciones de universidades simplificando la educación universitaria obteniendo grandes resultados.

Las clases, como apunta el profesor y economista Mario Aguer Hortal, con la inteligencia artificial siempre serán muy didácticas y con muchos ejemplos y eso si ante cualquier pregunta la respuesta podrá hasta ser contestada con imágenes no enlatadas sino con imágenes que tal vez acontecieron hace pocas horas incluso minutos a esa pregunta. Superando así a la capacidad humana no solo de acierto sino de informar con lo último mejorando la formación universitaria en el mundo.

Esta actividad de la Inteligencia Artificial como nos explicaba el catedrático Jaime Gil Aluja en el congreso de esta academia en León está siendo ya aplicada con grandes resultados a otras ciencias como la economía, Ingeniería, arquitectura, agricultura, informática y con unos resultados impresionantes tales como coches automatizados, gestión de ciudades, gestión del tráfico o incluso inteligencia artificial que es capaz de mantener conversaciones inteligentes y muy fluidas.

Las máquinas que centran su conocimiento en la tecnología “data driven” son hoy en día capaces de componer música, pintar cuadros, traducir textos en cualquier idioma y con gran precisión, crear nuevos y eficaces medicamentos, mantener conversaciones técnicas y específicas incluso muy complejas, conducir vehículos y otras muchas funciones.

Para conocer los distintos tipos de inteligencia artificial hemos de recurrir a dos profesores universitarios pioneros en la especialidad de inteligencia artificial quienes ambos han sido capaces de aglutinar en tres grandes bloques los distintos tipos de Inteligencia Artificial que ellos consideran que existen.

El primero es el Profesor Dr. Stuart Jonathan Russell, especializado en Ciencias de la Computación de la universidad Californiana de Berkeley y a su vez Profesor de cirugía neurológica de la Universidad de California, San Francisco.

El segundo profesor es el Profesor Dr. Peter Norvig, quien fue el Director de División de Ciencias de la Computación de la NASA y autor de numerosos trabajos científicos.

Ambos profesores son expertos en la materia y tras sus investigaciones les gusta diferenciar entre los siguientes sistemas:

- 1- Los sistemas que son capaces de pensar como humanos en la toma de decisiones y resolución de problemas.
- 2- Los sistemas que actúan como los humanos, la robótica,
- 3- Los sistemas expertos que piensan racionalmente permitiendo que actúen y perciban.

Estos profesores centran sus avances y los de la humanidad en esta área en cuanto a los aportes de la computadora digital pues es el elemento imprescindible que unido a la inteligencia artificial marcarán un hito en la historia de la humanidad.

La computadora también llamada “computer”, computador, ordenador, sirve para referirse a una máquina electrónica digital programable a la que cada año se le añaden mejoras tecnológicas gracias a los adelantos científicos y que hacen que los anteriores modelos de computadoras pronto queden obsoletos.

La computadora es capaz de poder ejecutar toda una serie de órdenes que permiten procesar todos los datos de entrada y que con posterioridad se envían a las unidades de salida pudiendo ser almacenada, interpretada, transmitida, programada e impresa siendo esta vital en la inteligencia artificial.

El término femenino de computadora es utilizado hoy en día en América Latina, exceptuando dos países Colombia y Chile en los que el término utilizado es en masculino computador. Sin embargo, en España se utiliza el término ordenador, mientras que en EEUU es “computer”.

Si bien hoy en día una computadora es el punto de encuentro de muchas ciencias que giran en torno a la misma sus orígenes históricos modernos se pueden rastrear hasta el seno de una familia de empresarios ingleses muy posicionada llamada Babbage.

Del seno de esa familia nacerá en el siglo XIX el pionero en computación y es justo reconocer en lo que luego ha sido la inteligencia artificial, Charles Babbage hijo por parte de padre de un gran emprendedor, reputado banquero y gran empresario, socio de la compañía Praed's & Co. llamado Benjamin Babbage, y por parte de madre la empresaria Betsy Plumleigh. Charles creció rodeado de un ambiente empresarial y pronto comprendió las inquietudes de todo empresario, en el que el lema la información veraz rápida a tiempo y en el momento oportuno permite tomar decisiones con menor riesgo de equivocarse y en consecuencia eso le lleva a crear la primera computadora moderna. Computadora creada en el año 1834 para poder calcular números siendo un primer desafío a la ciencia y a la inteligencia artificial del momento, Charles Babbage, (1.791-1.871), es quien adquiere las dotes emprendedoras suficientes en el ámbito de su familia convirtiéndose cuando termina su carrera universitaria en profesor de la Universidad de Cambridge. Universidad que lo contrata por sus profundos conocimientos especializados en matemáticas, ingeniería, mecánica y otras disciplinas científicas por las que siente auténtica vocación.

En el año 1834 es cuando Babbage empieza con el diseño de la creación de lo que es considerado el primer ordenador moderno de la historia, pieza clave para lo que hoy es la inteligencia artificial ya que se trataba de una máquina analítica que permitía resolver cualquier operación matemática. La complejidad a la hora de crear esta maquinaria fue notable disponía de un procesador aritmético, de una unidad de control, así como de un mecanismo de salida y una memoria lo suficientemente potente para almacenar los números

hasta poder ser procesados para darnos la información resultante y precisa. Fue tal su descubrimiento científico que en el año 1991 el Museo de Ciencias de Londres, como si de un homenaje póstumo se tratase fue capaz de poner en marcha y con probado éxito la máquina de Babbage número dos, la cual disponía de una capacidad de 31 dígitos y en el año 2022 se finalizó con la impresora que llegó a diseñar para esta maquinaria.

Es en el año 1813 cuando se le ocurre la idea de poder llevar a cabo una máquina que podía ser capaz de calcular complejas actividades matemáticas, llegando a crearla ese mismo año con incluso sus primeros ensayos y consiguiendo con la máquina el poder completar cálculos hasta los ocho decimales. Durante su vida muy unida a la ciencia recibe numerosas distinciones siendo en 1832 cuando la Academia de Ciencias y Artes de EEUU lo nombra académico extranjero. Por lo que sin duda el padre y pionero mundial de lo que es la inteligencia artificial lo tenemos en Babbage y es justo reconocer que otros científicos siguieron su trabajo como la mujer matemática Ada Lovelace quien en 1841 junto a nuestro protagonista desarrolla el primer algoritmo para ser procesado por su máquina, ese éxito luego es utilizado por grandes científicos y empresas quienes siguen esa estela científica hasta nuestros días algunos nombres para la historia son: Alan Turing, IBM, Jack S. Kilby, Olivetti, Intel, Bill Gates y Paul Allen con Microsoft, Steve Jobs, Steve Wozniak y Mike Markkula con Apple, Arpanet y otros.

El país que ha visto su liderazgo en la inteligencia artificial es EEUU quien tiene más del 40% de empresas del mundo dedicadas a este sector. Eso ya les está permitiendo ser líderes en evitar fallos humanos en distintos procesos, agilizar la toma de decisiones, ser precisos en sus fabricaciones, ahorros de costes sustituyendo determinadas funciones humanas siendo capaces de analizar, ver, oír escuchar, interpretar y decidir sin temor a equivocarse.

Ahora bien, la inteligencia artificial es tan inteligente que despierta su lado oscuro ya que está ha adquirido su propio alter ego por lo que el nuevo buscador de la empresa creada por Bill Gates y dirigida por Satya Nadella ha demostrado que su nuevo buscador BING es una revolución.

Lo que nos deparará la inteligencia artificial sólo ha hecho que empezar la empresa creada por los antiguos empleados de Google, Eleven Labs es capaz de clonar una voz humana y dotarla de su acento característico hasta el extremo que si la persona tiene gallos en su voz los replica con la misma periodicidad que lo haría el personaje clonado y en el idioma deseado. Además, es capaz de que una persona por ejemplo un Premio Nobel escriba un discurso y esta inteligencia lo transforma en discurso hablado sin que este Premio Nobel tenga que leerlo pues lo puede hacer su avatar que además tiene su cara y cuerpo viste como él quiera y además con su propia voz sin que nadie dude pues es su voz clonada y en cualquier idioma, aunque no lo hable el propio Premio Nobel.

Cuando Apple revolucionó el mundo hace 25 años ahora lo sigue haciendo pues tiene una aplicación que es capaz de convertir un libro electrónico en un audio libro con resultados increíbles. Pero al igual que un cuchillo nos facilita la vida para comer, pero puede ser usado para causar daño la inteligencia artificial puede ser usada para lo mismo, incluso manipular. El ejemplo más certero lo tenemos sin ir más lejos el usuario de la empresa Syntesia que puede introducir un guión escrito independientemente del contenido y tener el reportaje más real que uno pueda llegar a imaginar con avatares entre los que puedes elegir y además ponerles el idioma que desees de entre los 100 a escoger por un precio ridículo y tener entre nuestras manos una súper producción. Recientemente algunos países de América Latina han utilizado estos servicios para persuadir a la opinión pública hacia sus propios intereses, pero son cientos los usuarios que también lo hacen para comercializar sus productos.

La sociedad actual pronto no diferenciará entre lo real y lo irreal por lo que la desinformación tóxica y creíble generará una desinformación global y muy peligrosa de no regularse pronto. Es ahí donde las cabeceras de los diarios que informen con la verdad adquieran su protagonismo por lo que el periodismo y algunos medios tendrán una segunda oportunidad siendo una revolución para la prensa seria.

Todo lo que puedan ser adelantos científicos en Inteligencia Artificial se podrán regular, pero no se podrán parar y a medida que pase el tiempo la regulación tendrá que adaptarse a las nuevas necesidades de la humanidad que serán en nuestra sociedad imprescindibles. Tal es así que la vigilancia masiva de todos y cada uno de los ciudadanos con la excusa de aumentar la seguridad del mundo, será ya una realidad a la que nadie podrá escapar. ¿Hasta qué punto los servicios de inteligencia del estado no tienen acceso o puedan tener a los servidores de las compañías de Microsoft, Apple, Yahoo, Facebook, Skype, Google? ¿Qué ocurre con la información obtenida por las personas que han accedido a esa información? ¿Qué protocolos existen? ¿Qué pasa si un país con tecnología puntera espía al resto del planeta? ¿Qué pasa con China en cuanto a su inteligencia artificial? Este país avanza a pasos agigantados a liderar esta inteligencia con los recursos la fuerza y la energía necesaria para conseguirlo y los datos recientes así lo avalan.

De ahí que EEUU y China se conviertan en un reto para Europa y en el resto del mundo en cuanto a Inteligencia Artificial para evitar el declive de nuestras políticas económicas se refiera.

Pero mientras llegan estos adelantos científicos a Europa hemos de saber conjugar la computación cuántica y la inteligencia artificial para así poder estar preparados para esa reactivación que se avecina que es la economía cuántica.

De hecho, los ordenadores cuánticos ya son capaces de seleccionar eficazmente los problemas derivados de la optimización de los recursos reduciendo incluso al mínimo el riesgo de una decisión o bien maximizando decisiones a la hora incluso de invertir y cómo invertir. Pero un ordenador cuántico permitirá convertir la economía de unos países de primera velocidad y países de segunda velocidad ya que estos súper ordenadores tendrán incluso las llaves de la seguridad mundial ya que el resto de la criptografía mundial con el peligro que esto implica se convertirá en vulnerable, muy vulnerable. Y nosotros los académicos sabemos lo que implica y no es otra cosa que el capital buscará seguridad y si se anuncia que un país tiene súper ordenadores cuánticos, ¿dónde creen que llevarán sus inversiones y dinero los empresarios y empresas?

El hecho de que la criptografía actual se convierte en vulnerable se traduce en que un ordenador cuántico haría vulnerable todas nuestras compras en la red, nuestras transacciones económicas, las bancarias, (incluyendo nuestras propias operaciones). La huida de capitales hacia países seguros y el hundimiento de las bolsas y según qué economías daría para otro encuentro de nuestra Real Academia.

En recientes estudios económicos recogidos por periodistas económicos de la Vanguardia y del ABC vaticinan que la IA afectará a incluso a 300 millones de puestos de trabajo de las grandes economías con una nueva reconfiguración y orden mundial de ahí que nuestros líderes políticos sobra decir que desde esta docta tribuna los académicos les invitamos a invertir y prepararse para la nueva economía cuántica.

Somos muchos los compañeros académicos hoy aquí representados que hemos hablado y debatido sobre los peligros de la IA y que englobamos en tres grandes bloques:

- 1- La carrera armamentística y los peligros de esta es decir que decida la IA, que ver tanques en la frontera con Ucrania, es un peligro y al tener ese país armamento nuclear tome decisiones y mande a sus satélites actuar y dar órdenes a determinadas armas inteligentes sin tan siquiera utilizar la diplomacia humana. Pues la inteligencia artificial considera al ser humano menos inteligente.
- 2- Los fallos que puedan ocurrir en su implementación en todas las áreas, generando países a dos velocidades.
- 3- La delincuencia y la mala praxis creándose grupos terroristas y ciber delincuentes.

Esto hace que nos planteemos qué pasa con la conciencia a la hora de tomar una decisión pues no siempre manda el corazón muchas veces se impone la razón. No olvidemos que las máquinas de IA como apunta el catedrático Arturo Rodríguez Llanos, se retroalimentan y aprenden de sus propias expe-

riencias tomando conductas y decisiones a través del procesamiento ilimitado que alimenta su cerebro que no es otra cosa que sus sistemas. Pero los peligros hoy por hoy siguen ahí pues aún es posible engañarla.

En EEUU la IA está muy introducida permitan un ejemplo los propios jueces disponen de una IA que les da soporte en sus decisiones y que utiliza unos algoritmos que les permite 173 variables como pueden comprender en ninguna de estas se incluye la raza, pero el algoritmo se tornó racista pues desaconseja en más ocasiones poner en libertad a los ciudadanos blancos que negros.

Otro ejemplo de los riesgos está en que es tan lista la IA que en el año 2017 se dio el caso que dos chatbots de Facebook desarrollaron su propio lenguaje el cual no alcanzaban a comprender ni sus propios programadores. ¿Qué hubiese pasado si no interviene la acción humana?

Al igual que los países en vías de desarrollo podrán formarse con mucha más facilidad invirtiendo en tecnología es cierto que les será muy difícil alcanzar a los desarrollados tecnológicamente de ahí que grandes científicos de nuestra academia adviertan que si bien tiene grandes riesgos para el futuro de la civilización tiene a su vez grandes ventajas. Por lo que desde la Real Academia la mayoría de los académicos consultados abogan por una prudente regulación con carácter de urgencia a nivel mundial.

Muchas gracias.





# GOVERNING AI IN RESEARCH AND INNOVATION PROJECTS CONSIDERING ETHICAL AND LEGAL ASPECTS

Dra. Smiljana Tomasevic<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Faculty of Engineering, University of Kragujevac*

<sup>2</sup> *Bioengineering Research and Development Center (BioIRC)*

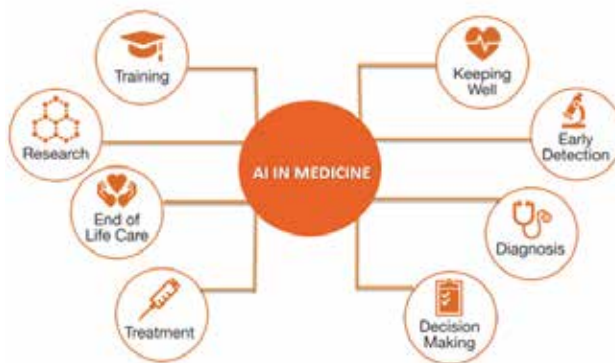
## **Abstract**

Artificial intelligence (AI) has enormous potential to change society, at the same time it is expected to simplify and accelerate health research and development. The application of AI in clinical practice has promise to improve healthcare, but it also poses ethical issues that must be addressed. Most researchers, developers and policy makers agree that AI needs to be developed in a human-centric and trustworthy fashion, for AI that benefits the common good. Trustworthy and beneficial AI requires that ethical challenges be considered during all stages of the development and implementation process. To fully achieve the potential of AI in healthcare, four major ethical issues must be addressed: (1) informed consent to use data, (2) safety and transparency, (3) algorithmic fairness and biases, and (4) data privacy.

Following the current research and innovation projects in AI, the planned talk includes the overview of AI application in the projects of University of Kragujevac in the field of biomedical engineering. The research teams are devoted to development and application of AI which contributes to improved decision making and data analysis in healthcare sectors. The AI methodologies are governed throughout the whole project lifetime, where all needed ethical and legal aspects have to be followed, including the FAIR principles. The talk will also include main requirements and faced challenges in AI during the projects' implementation.

## 1 Introduction

Artificial intelligence (AI) has been already changing society, at the same time it is expected to simplify and accelerate health research and development. AI is getting increasingly sophisticated at doing what humans do, but more efficiently, more quickly and at a lower cost. The potential for both AI and robotics in healthcare is vast. Just like in our every-day lives, AI is increasingly a part of our healthcare eco-system. Figure 1 highlights eight ways that showcase how this transformation is currently underway. The main pillars are: Training, Research, End of Life Care, Treatment, Decision Making, Diagnosis, Early Detection, Keeping Well [1].



**Figure 1.** Eight ways that showcase how the AI transforms the medicine [1].

In the following part, it will be discussed about the projects of the Center for bioengineering where AI is applied, as well as what are the main ethical aspects in applying AI nowadays.

## 2 Applied AI in research and innovation projects

University of Kragujevac and Center for bioengineering participate in several research and innovation projects where AI is applied in different do-

mains. All projects are devoted to multidisciplinary approaches in healthcare. Several projects that are most recent are: Taxinomisis, SILICOFCM, CovidAi and HarmonicSS. In addition, some essential information will be specified for each of them.

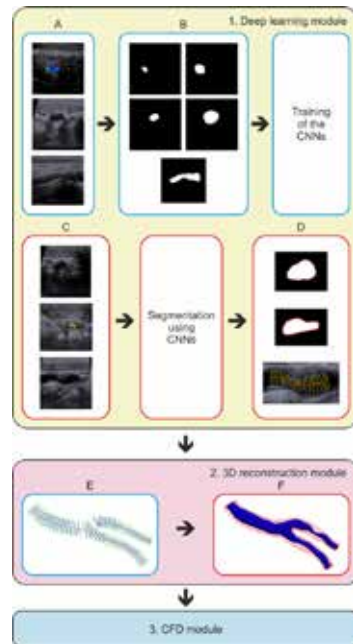
Taxinomisis [2] “A multidisciplinary approach for the stratification of patients with carotid artery disease” aims to develop a new concept for the carotid artery disease stratification by analysing the pathobiology of symptomatic plaques, identifying disease mechanisms and developing a multiscale risk stratification model, which integrates clinical and personalized data, plaque and cerebral image processing and computational modelling and novel biomarkers for high vs low risk states, in order to address the needs for stratified and personalised therapeutic interventions in the current era. This approach will be the first of its kind in cardiovascular and other chronic diseases in general, and will have a strong “personalized” element, exploring the biology of atherosclerotic plaques and circulating biomarkers in the same patient, combined with heterogeneous individual/patient-specific clinical, imaging and demographic information.

The application of AI in this project is related to:

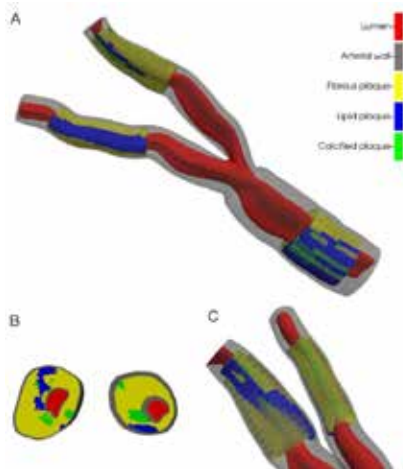
- the automatic carotid artery (lumen and wall) segmentation of Ultrasound (US) images using SegNet and U-Net based deep convolutional networks;
- image segmentation of atherosclerotic plaque for detection of four classes in US images - background, fibrous, calcified and lipid atherosclerotic plaque components.

The scheme of the entire methodology within the Ultrasound image processing module, employed within the TAXINOMISIS project is shown in Figure 2. Ultrasound images used as the basis for the whole reconstruction module are shown in Figure 2A. These images are annotated and preprocessed and shown in Figure 2B. These pairs of original and annotated images are used for

the training of the Convolutional Neural Networks (CNNs). Then, a specific set of Ultrasound images (shown in Figure 2C) is used to extract the segments of the carotid artery by using the trained models, as shown in Figure 2D. Then, the information obtained in the deep learning module is further directed to the reconstruction module, where the relevant shapes of the carotid bifurcation are created, like shown in Figure 2E, in order to obtain the finite element mesh of the reconstructed geometry, shown in Figure 2F. Finally, the finite element mesh is ready to be used within the Computer Fluid Dynamics (CFD) module for the simulations of blood flow and plaque progression. Dataset from patients and validation were done in project TAXINOMISIS. All ethical aspects are followed during the images collection and processing, considering clinical study protocol, data anonymization and declaration of Helsinki. Reconstructed carotid artery (CA) geometry with separated plaque components is presented in Figure 3 (A – Whole reconstructed mesh shown with transparent wall; B – Transversal cross-section; C – Augmented part of the mesh containing FE elements defined as plaque) [3,4].



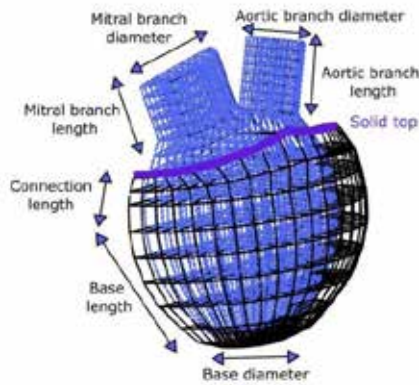
**Figure 2.** Developed methodology for the reconstruction of carotid bifurcations using Ultrasound imaging. Deep learning module uses training of CNNs for image segmentation. 3D reconstruction module makes 3D finite element (FE) mesh. CFD module calculates blood velocity, pressure and wall shear stress distribution.



**Figure 3.** Reconstructed CA geometry with separated plaque components. A – Whole reconstructed mesh shown with transparent wall; B – Transversal cross-section; C – Augmented part of the mesh containing FE elements defined as plaque.

The aim of SILICOFCM project (In Silico trials for drug tracing the effects of sarcomeric protein mutations leading to familial cardiomyopathy) [5] is to develop a computational platform for in silico clinical trials of FCMs that would take into consideration comprehensive list of patient specific features (genetic, biological, pharmacologic, clinical, imaging and patient specific cellular aspects) capable of optimizing and testing medical treatment strategy with the purpose of maximizing positive therapeutic outcome, avoiding adverse effects, avoiding drug interactions, preventing sudden cardiac death, shortening time between the drug treatment commencement and the desired result. The SILICOFCM is a multi-modular, innovative in silico clinical trials solution for the design and functional optimization of whole heart performance and monitoring effectiveness of pharmacological treatment, with aim to reduce the animal studies and the human clinical trials. The SILICOFCM platform is based on the integrated multidisciplinary and multiscale methods for analysis of patient-specific data and development of patient-specific models for monitoring and assessment of patient condition from current through the progression of disease.

In SILICOFCM project, AI has been applied for left heart ventricle segmentation and 3D reconstruction based on ultrasound images. The main echocardiographic parameters have been extracted and parametric 3D model of left ventricle is created, ready for further computational simulations. Clinical dataset for training and validation (US imaging data) has been used; Deep CNNs U-net are applied for segmentation of the heart left ventricle from US images; 3D reconstruction and meshing are performed for obtaining the parametric 3D model of left ventricle (Figure 4) [6].



**Figure 4.** Coupled AI and FE meshing for automatic reconstruction of 3D left heart ventricle including mitral and aortic valves.

SILICOFCM project also developed module for risk stratification of cardiomyopathy and disease progression, based on applied AI [7,8]. Its main aim is to identify patients with a high risk of severe events such as sudden cardiac death or life-threatening arrhythmias. In addition to modeling patient risk, the tool is also supplemented with reliability estimates for the risk predictions. Both, risk prediction model and reliability estimates, allow medical experts to decide whether the patient will be subjected to further analysis, and how trusting the automatically predicted risk level is. The use of this deliverable is chained with Work package 5 (DSS: 3D imaging-based modeling of cardiomyopathy) and Work package 6 (DSS: data mining-based modeling of cardiomyopathy), in which tools for further investigation are to be developed.

The developed risk stratification tool uses machine learning methods for supervised and unsupervised learning to mine heterogeneous patient data provided by partners UNIFI, SBG, ICVDV, UNEW, and UHREG. The final model stratifies patients into a low-risk or high-risk class based on the probability that one or more of the selected severe events (e.g., SCD, heart failure, life-threatening arrhythmias) will occur in the next five years. As a source for modeling risk, the retrospective dataset with historical information about the patients' clinical data and disease-related events was used. The dataset contained data of 3,453 patients (2,178 male and 1,275 female), including general data, genetic data, clinical tests, medications, and medical events. The recorded events were used as indicators of the current state of the disease and as information to label patients with the risk degree. The data was processed by imputation, augmentation and semi-supervised labeling.

Disease Progression Tool represents a decision support tool that is intended for predicting disease progression and thus 10-year medical outcomes of cardiomyopathy patients. A disease progression tool is offered as an integral part of the SILICOFCM platform. Its main aim is to assess the patients' future clinical characteristics in the next ten years and help medical experts decide whether the patient should be subjected to further analysis. The disease progression tool provides: (1) a 10-year prediction for target attributes NYHA, LA, LA\_vol, LVIDd, LVIDs, and LVEF, (2) sensibility of reliability estimates of the predictions, and (3) an interpretability of explanation of the predictions.

COVIDAI project (Use of Regressive Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML) Methods in Modelling of COVID-19 Spread) [9] aims to analyse many factors influencing COVID-19 development in humans, including genetical, blood markers, geographical position, as well as medical Roentgen images. His unique AI tool provides a set of solutions for COVID-19 development both in specific patients (personalised model), as well as on the level of region (epidemiological model) [10,11]. COVIDAI tool would help medical experts to decide whether the patient will be subjected to further analysis and prescribe adequate therapy. Predictive models based on machine learning can provide useful data in terms of prediction of epidemiological events,

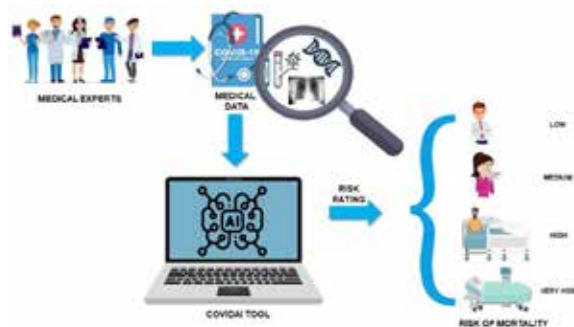


which can save time for timely and optimal response of both the health system and the society.

Main activities performed within the COVIDAI project include development of two models:

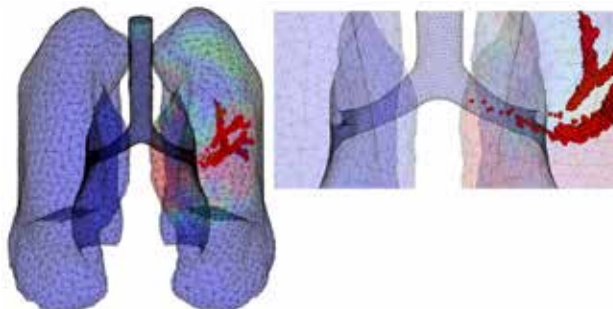
**1. Personalized AI model for COVID-19 prediction (monitoring of patient’s condition and prediction of disease progress in time);**

The developed disease progression tool uses machine learning methods to mine heterogeneous patient data provided by Clinical Centers in Rijeka, Croatia and Kragujevac, Serbia. The main aim of this tool is to assess the disease progression of the patient infected with COVID-19 in the next couple of days. This tool works with the following data: demographic data; clinical image; blood test data, imaging data. The result of the model is prediction of the category risk of mortality (Figure 5).



**Figure 5.** The concept of personalized AI model for COVID-19 prediction [9].

A unique feature of COVID-19 interstitial pneumonia is an abrupt progression to respiratory failure. The patient specific lung model focuses on the spread of virus-laden to many regions of the lungs from the initial site of infection (Figure 6). The lung model and simulation are developed in Center for bioengineering, University of Kragujevac.

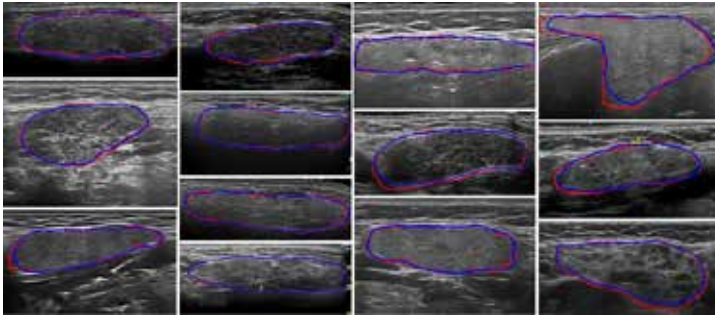


**Figure 6.** The patient specific lung model focuses on the spread of virus-laden to many regions of the lungs from the initial site of infection [9].

## 2. Epidemiological model for COVID-19 (monitoring of number of people susceptible/exposed/infected/dead/recovered from COVID-19).

COVIDAI uses a compartmental epidemiological model, based on the partial differential equations to describe the spread and clinical progression of COVID-19. The basic model structure is inspired by a number of studies on the natural clinical progression of COVID-19 infection. Based on the official statistical data for Serbia and Croatia, the necessary parameters for model are calculated in order to predict COVID-19 spread in population. The same methodology can be performed for any other country.

HarmonicSS project was devoted to - HARMONIZATION and integrative analysis of regional, national and international Cohorts on primary Sjögren's Syndrome (pSS) towards improved stratification, treatment and health policy making [12]. In this project, AI was applied for fully convolutional neural network for semantic segmentation of Primary Sjögren's syndrome affected salivary glands from US images (Figure 7).



**Figure 7.** Automatic segmentation of Primary Sjögren's syndrome within salivary glands (US images).

### **3 Ethical and legal aspects of applied AI in a nutshell**

#### ***FAIR principles towards sustainable data management***

Nowadays, international Horizon 2020 projects participate in the Open Research Data Pilot (ORDP) which aims to improve access to and re-use of research data generated. The two main concerns that have to be further analysed and addressed are:

- Openly accessible research data may be incompatible with the obligation to protect intellectual properties and results that can reasonably be expected to be commercially exploited by the partners. This can only be defined at later stages of the project and final decisions may have to be made by the end of the project when exploitation aspects will be finalized and agreed among the partners.
- Incompatibility may also arise with the ethical standards and the General Data Protection Regulation. Openly accessible research data from many sources may increase the risks regarding the protection of patient's data.

FAIR principles promote the ability of machines to automatically discover and use the data, to support its reuse by individuals. Data Management Plan (DMP) within the projects addresses all questions related to making research data findable, accessible, interoperable and re-usable (FAIR) [13] and provide information about each project compliance with FAIR principles. As part of FAIR data management, the DMPs research and innovation projects include information on:

- Data handling during and after the end of the project,
- What data are collected, processed and generated,
- Which methodology and standards will be applied,
- Whether data will be shared/made open access,
- How data will be curated and preserved (including after the end of the project).

### *Challenges in AI ethics*

The application of AI in clinical practice has promise to improve healthcare, but it also poses ethical issues that must be addressed. Most researchers, developers and policy makers agree that AI needs to be developed in a human-centric and trustworthy fashion, for AI that benefits the common good. To fully achieve the potential of AI in healthcare, four major ethical issues must be addressed:

1. Informed consent to use data,
2. Safety and transparency,
3. Algorithmic fairness and biases, and
4. Data privacy.

### ***Policymaking process on AI***

The European Commission appointed a group of experts to provide advice on its artificial intelligence strategy. This independent expert group was set up by the European Commission in June 2018, as part of the AI strategy announced earlier that year [14,15]. During the first year of its mandate, the high-level expert group on artificial intelligence (AI HLEG) worked on two main deliverables:

Deliverable 1: Ethics Guidelines for Trustworthy AI

Deliverable 2: Policy and Investment Recommendations for Trustworthy AI

The results of the work of the AI HLEG were presented at the first European AI Assembly in June 2019. Following the Assembly, the European Commission extended the group's mandate for one more year. This extended mandate allowed the group to increase its work and pilot the Ethics Guidelines for Trustworthy AI. The mandate of the AI HLEG ended in July 2020 with the presentation of two more deliverables:

Deliverable 3: The final Assessment List for Trustworthy AI (ALTAI),

Deliverable 4: Sectoral Considerations on the Policy and Investment Recommendations

The overall work of the AI HLEG has been central to the development of the Commission's approach to Artificial Intelligence. The concept of trustworthiness and the 7 key requirements, introduced by the Ethics Guidelines are guiding the upcoming legislative steps in AI.

The group's recommendations have served as resources for policymaking initiatives taken by the Commission and its Member States. Among those initiatives, there was the Communication on Building Trust in Human Centric Artificial Intelligence, the White Paper on Artificial Intelligence: a European approach to excellence and trust and the updated Coordinated plan on AI.

The AI HLEG has worked closely with the European community of AI stakeholders through the AI Alliance. The European AI Alliance is an online forum with over 4000 members representing academia, business and industry, civil society, EU citizens and policymakers.

The members of the AI Alliance offered detailed feedback for the Ethics Guidelines for Trustworthy AI. Moreover, a set of materials such as policy documents, academic papers and discussions published on the forum, helped define the other deliverables of the AI HLEG.

The Coordinated Plan on Artificial Intelligence (AI) reflects Europe's commitment to creating global leadership in trustworthy AI. The plan's latest update was published in 2021 and is closely aligned with the Commission's digital and green priorities as well as Europe's response to the COVID-19 pandemic.

The Coordinated Plan was initially published in 2018, as a joint commitment between the Commission, EU Member States, Norway and Switzerland to maximise Europe's potential to compete globally. As a first step towards such commitment, the initial Plan defined actions and funding instruments for the uptake and development of AI across sectors. In parallel, Member States were encouraged to develop their own national strategies

The Coordinated Plan of 2021 aims to turn strategy into action by prompting to:

- accelerate investments in AI technologies to drive resilient economic and social recovery aided by the uptake of new digital solutions,
- act on AI strategies and programmes by fully and timely implementing them to ensure that the EU fully benefits from first-mover adopter advantages,
- align AI policy to remove fragmentation and address global challenges.

In order to achieve this, the updated plan sets four key sets of policy objectives, supported by concrete actions and indicating possible funding mechanism and the timeline to:

- set enabling conditions for AI development and uptake in the EU,
- make the EU the place where excellence thrives from the lab to market,
- ensure that AI technologies work for people,
- build strategic leadership in high-impact sectors.

Overall, the first two years of implementation confirmed that joint actions and structured cooperation between Member States and the Commission are key to the EU's global competitiveness and leadership in AI development and uptake. Most Member States have adopted national AI strategies and started to implement them. Investments in AI have increased, and the EU was able to mobilise critical resources to support these processes. The Coordinated Plan of 2021 invites Member States to review and update national AI strategies as required. Some Member States have already updated their initial strategies.

### ***Requirements of Trustworthy AI***

The Ethics Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence (AI) is a document prepared by the AI HLEG. Based on fundamental rights and ethical principles, the Guidelines list seven key requirements that AI systems should meet in order to be trustworthy. These requirements are applicable to different stakeholders partaking in AI systems' life cycle: developers, deployers and end-users, as well as the broader society. By developers, we refer to those who research, design and/or develop AI systems. By deployers, we refer to public or private organisations that use AI systems within their business processes and to offer products and services to others. End-users are those engaging with the AI system, directly or indirectly. Finally, the broader society encompasses all others that are directly or indirectly affected by AI systems.

Different groups of stakeholders have different roles to play in ensuring that the requirements are met:

- a) Developers should implement and apply the requirements to design and development processes;
- b) Deployers should ensure that the systems they use and the products and services they offer meet the requirements;
- c) End-users and the broader society should be informed about these requirements and able to request that they are upheld.

The below list of requirements is non-exhaustive. It includes systemic, individual and societal aspects (Figure 8) [16].



**Figure 8.** The concept of trustworthiness and the 7 key requirements, introduced by the Ethics Guidelines are guiding the upcoming legislative steps in AI [16].



#### **4 Strategy for the Development of Artificial Intelligence in the Republic of Serbia for the period 2020-2025**

The Strategy for the Development of Artificial Intelligence in the Republic of Serbia for the period 2020-2025 (hereinafter: Strategy) defines objectives and measures for the development of artificial intelligence whose implementation should result in economic growth, improvement of public services, advancement of scientific staff, and development of skills for the jobs of the future. Also, the implementation of the Strategy measures should ensure that artificial intelligence in the Republic of Serbia is developed and implemented in a safe manner and in accordance with internationally recognized ethical principles, in order to exploit the potential of this technology to improve the quality of life of each individual and the society as a whole, as well as to achieve Sustainable Development Goals.<sup>1</sup>

The Strategy is in line with the European Artificial Intelligence Initiative [17], which sets out the European Commission's artificial intelligence policy. In this context, the Republic of Serbia, as a candidate for EU membership, but also as a participant in the European Union Framework Program for Research and Innovation, seeks to provide the necessary extent of compliance with the European Union, which will enable full integration into the European Research Area and closer cooperation.

The general objective of the strategy is the use of artificial intelligence in favor of economic growth, employment and improvement of the quality of life. Specific objectives of the strategy are:

1. Development of education geared to the needs of modern society and economy conditioned by the advancement of artificial intelligence.

---

<sup>1</sup> In 2015, the countries adopted the 2030 Agenda for Sustainable Development and 17 global goals (Sustainable Development Goals).

2. Development of science and innovation in the field of artificial intelligence and its implementation
3. Development of the economy based on artificial intelligence (where this is a key competence and where it is used in different industrial branches)
4. Improvement of assumptions for the development of artificial intelligence and public sector services through the implementation of artificial intelligence
5. Ethical and safe application of artificial intelligence

**Specific objective 5: Ethical and safe application of artificial intelligence.** The application of artificial intelligence opens up a number of ethical and safety challenges that need to be addressed and prevented. Many other countries are faced with the same challenges, so international standards should also be taken into account. Ethics and safety in the development of artificial intelligence should be ensured primarily with regard to the protection of personal data, the protection against discrimination when using machine learning, and the establishment of responsible artificial intelligence development in accordance with international ethical principles. The goal is to introduce prevention mechanisms that will allow for the responsible development of artificial intelligence and methods of verifying that systems based on machine learning are in compliance with the highest ethical and safety standards. There are three measures within this specific objective:

1. Personal data protection in the field of artificial intelligence;
2. Protection from discrimination in the implementation of artificial intelligence;
3. Provision of responsible development of artificial intelligence in compliance with international ethical standards.

More information about the strategy for the development of AI in the Republic of Serbia for the period 2020-2025 can be found in ref. [18].

## 5 Future achievement in AI projects considering ethical aspects

There is a new article by EC digital strategy, stating that EU invests €220 million to test AI solutions for healthcare, food, industry, and everyday life [19]. It is evident that AI will spread during the next years, while its application in clinical practice has promise to improve healthcare, but ethical issues must be addressed. From our point of view, the main key points in this matter for the next period are:

- Provide **trustworthy AI-based solutions as key results** of research and innovation projects,
- Ensure **responsible and inclusive development of AI** referring to future needs, while taking into account the protection against potential negative effects,
- Successfully adapt to new market expectations and contribute to **collaboration between academic and business sectors**,
- Contribute to the **national strategy for AI** complying with international guidelines, practice and regulations.

## 6 References

1. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/healthcare/publications/ai-robotics-new-health/transforming-healthcare.html>
2. <https://taxinomisis-project.eu/>
3. T. Djukic, B. Arsic, S. Djorovic, N. Filipovic, and I. Koncar, "Validation of the machine learning approach for 3D reconstruction of carotid artery from ultrasound imaging," Proc. - IEEE 20th Int. Conf. Bioinforma. Bioeng. BIBE 2020, pp. 789–794, 2020, doi: 10.1109/BIBE50027.2020.00134.

4. P. K. Siogkas et al., "MRI vs. US 3D computational models of carotid arteries: a proof-of-concept study," 2022 IEEE- BHI, Ioannina, Greece, 2022, pp. 01-04, doi: 10.1109/BHI56158.2022.9926825.
5. <https://silicofcm.eu/>
6. Filipovic, N., Sustersic, T., Milosevic, M., Milicevic, B., Simic, V., Prodanovic, M., ... & Kojic, M. (2022). SILICOFM platform, multiscale modeling of left ventricle from echocardiographic images and drug influence for cardiomyopathy disease. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 227, 107194.
7. Smole, T., Žunkovič, B., Pičulin, M., Kokalj, E., Robnik-Šikonja, M., Ku- kar, M., ... & Bosnić, Z. (2021). A machine learning-based risk stratification model for ventricular tachycardia and heart failure in hypertrophic cardio- myopathy. *Computers in biology and medicine*, 135, 104648.
8. Pičulin, M., Smole, T., Žunkovič, B., Kokalj, E., Robnik-Šikonja, M., Ku- kar, M., ... & Bosnić, Z. (2022). Disease progression of hypertrophic car- diomyopathy: modeling using machine learning. *JMIR Medical Informat- ics*, 10(2), e30483.
9. <http://www.covidai.kg.ac.rs/about/>
10. Šušteršič, T., Blagojević, A., Cvetković, D., Cvetković, A., Lorencin, I., Šegota, S., Car, Z., Filipović, N. Epidemiological predictive modelling of COVID-19 spread. 8th Interantional Congress of Serbian Society of Me- chanics, Kragujevac, Serbia, June 28-30, 2021, pp. 413-414 LINK
11. Blagojević, A., Šušteršič, T., Lorencin, I., Baressi Šegota, S., Andelić, N., Milovanović, D., Baskić, D., Baskić, D., Zdravković Petrović, N., Sazdanović, P., Car, Z., Filipović, N. (2021). Artificial intelligence ap- proach towards assessment of condition of COVID-19 patients – Identifica- tion of predictive biomarkers associated with severity of clinical condition and disease progression. *Computers in Biology and Medicine*. vol. 138, pp. 104869
12. <https://www.harmonicss.eu/>

13. Wilkinson, M. D. et al. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Sci. Data* 3:160018 doi: 10.1038/sdata.2016.18 (2016).
14. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/communication-artificial-intelligence-europe>
15. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/expert-group-ai>
16. <https://ec.europa.eu/futurium/en/ai-alliance-consultation/guidelines/1.html>
17. “Artificial Intelligence for Europe”, COM(2018) 237 final, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2018%3A237%3AFIN>
18. Strategy for the Development of Artificial Intelligence in the Republic of Serbia for the period 2020-2025, <https://www.srbija.gov.rs/tekst/en/149169/strategy-for-the-development-of-artificial-intelligence-in-the-republic-of-serbia-for-the-period-2020-2025.php>
19. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/eu-invests-eu220-million-test-ai-solutions-healthcare-food-industry-and-everyday-life>

# L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE - OPPORTUNITES, RESPONSABILITE, INQUIETUDES

Dr. Valeriu Ioan-Franc<sup>1</sup>

*Académico Correspondiente por Rumania de la Real Academia de Ciencias  
Económicas y Financieras*

Dr. Andrei-Marius Diamescu<sup>2</sup>

*Institut National de Recherches Economiques  
«Costin C. Kirîtescu» Académie Roumaine*

## **Abstract**

*Risks, responsibilities, ethics: the polarisation of society, of splitting populations into “specialists/initiated” and “digital illiterates”.*

*This type of “segregation” has implications that go far beyond “self-esteem”, and reflected in a decrease in the quality of life of the citizens, while the stated purpose of IT & C technologies, intelligence and the digital economy is precisely the enhancing of it!*

*The concentration of the data and information able not only to escape state control, but also to exercise control over some democratic institutions.*

*In the current context, is democracy, in its ancient Greek and centuries-old form able to stand by its principles? Here is a difficult issue that might become, we believe, the topic of a separate meeting!*

*1. Préliminaire. Considérée au début comme une opération nécessaire pour s'adapter aux nouvelles technologies, c'est-à-dire la conversion de l'information/du signal du format analogique au format numérique, la numérisation semble être devenue aujourd'hui une sorte de “panacée” pour tous les*

---

1 Directeur général adjoint de l'Institut National de Recherches Economiques «Costin C. Kirîtescu» de l'Académie Roumaine, Bucarest, Calea 13 Septembrie, no. 13, tél.: +4023182438, e-mail: cide90@gmail.com.

2 Chercheur senior, Institut National de Recherches Economiques «Costin C. Kirîtescu» de l'Académie Roumaine, Bucarest, Calea 13 Septembrie, no. 13, tél.: 040735317171, e-mail : dandremarius@yahoo.com.

problèmes auxquels la société est confrontée et, peut-être plus encore, le “*mo-teur*” sans lequel le développement ne peut plus être conçu.

Ce qui semblait, ou peut-être aurait dû, n’être qu’un nouveau support technologique dans la vie des gens, est devenu en très peu de temps un véritable défi à de multiples niveaux : *technologique, financier, d’assimilation de nouvelles connaissances, d’appartenance à un groupe, sécurité*, et la liste est encore longue<sup>3</sup> (Kondratenko, 2023).

La “*numérisation*” est devenue aujourd’hui presque une condition impérative du développement, que l’on croit capable à *elle seule de diviser le monde en sociétés développées et moins développées*, indépendamment de *facteurs* tels que l’accès à *l’éducation* ou aux *ressources matérielles*. L’immense défi qui se présente à nous est une réalité stimulante, effroyable et effrayante.

En ce qui concerne le présent, les statistiques sur la “*numérisation*” de la Roumanie, par exemple, sont pertinentes par rapport à l’état des autres pays de l’UE, mais elles deviennent déterminantes lorsqu’elles sont analysées dans la perspective du Guide pour l’intégration numérique des pays en développement, élaboré par Information Technologies Group/ Center for International Development de l’Université de Harvard, avec le soutien d’IBM.

L’état de la transformation numérique de la Roumanie, et non seulement, analysé au niveau des pays de l’Union européenne ayant les services en ligne les plus développés, révèle que là où le canal en ligne est impliqué jusqu’à 43% des services publics, *48% des citoyens qui ont besoin de les utiliser ne sont pas en mesure de le faire, le principal obstacle étant le manque de compétences*<sup>4</sup>. La Roumanie est placée sur le 15-eme place parmi les 27 pays membre de l’UE, même si elle n’a pas encore une stratégie de compétences digitales.

---

3 Kondratenko, Y. – Increasing Role of Artificial Intelligence in Human Activity: Development, Implementation and Perspectives, RACEF, Barcelona, 2023

4 Ion, A. - *Avantajele și pericolele digitalizării. Toți angajații vor trebui să se adapteze la noua evoluție industrială*, 13 nov 2019, <https://www.capital.ro/avantajele-si-pericolele-digitalizarii-toti-angajatii-vor-trebuie-sa-se-adapteze-la-noua-evolutie-industriala.html>

L'expression "*éducation numérique*", tout comme les définitions de l'économie ou de la société, est susceptible de générer une confusion sémantique par association avec "*l'éducation en ligne*", où le terme "*numérique*" est réduit à l'explication du moyen par lequel le processus éducatif a lieu. C'est pourquoi nous proposons la formulation "*éducation dans le domaine numérique*" et éventuellement "*société/économie informatisée/digitalisée*" !

2. En passant à la question *Internet, Intelligence Artificielle, Métavers*, nous mettons en évidence les *difficultés* d'analyse et de "*décryptage*" d'un processus qui ne cesse de se développer, à un rythme qui dépasse souvent les possibilités réelles d'intégration dans la société. En d'autres termes, nous pouvons affirmer que *le domaine des technologies de l'information et de la communication se développe aujourd'hui considérablement plus rapide que le rythme auquel la population, à savoir les masses et pas seulement les spécialistes, peuvent assimiler/intégrer les nouvelles technologies.*

Cette réalité nous amène, dans la tradition consciente de Karl Jaspers, selon lequel "*en philosophie, les questions sont plus importantes que les réponses, et chaque réponse devient une nouvelle question*"<sup>5</sup>, à la question suivante : *sommes-nous obligés d'adapter les technologies aux besoins réels des personnes, ou d'adapter/préparer les personnes aux exigences des technologies ?!*

Il est évident que nous n'avons pas l'intention de trouver une réponse "*définitive*" à cette question, conscients que, quelle que soit notre option, il y aura suffisamment de personnes et d'arguments pour nous contredire. Mais nous nous sentons en droit de la tenir pour responsable de la plupart des risques que pose la transformation numérique de la société.

Il faut noter qu'à ce point, de la sortie encore incertaine de la pandémie de Covid-19, *la société*, poussée à la malheureuse distanciation sociale au lieu

---

5 Jaspers, K. - *Introducere în filosofie*, apud Paraschiv M., *Ce este filosofia?* [https://www.academia.edu/20126849/Ce\\_este\\_filosofia](https://www.academia.edu/20126849/Ce_este_filosofia)



de distanciation sanitaire ou préventive (Ioan-Franc ; Diamescu, 2021, 2022)<sup>6</sup>, *s'est trop divisée*. Cette division est imputée au besoin de prophylaxie sanitaire, qui a conduit à l'accélération du travail à distance, des achats en ligne et des paiements électroniques. Et voilà que la société se divise en moins de 50% - ceux qui ont les moyens techniques et la volonté (capacité intellectuelle) de les utiliser grâce au soutien de l'éducation numérique, et plus de 51% de ceux qui ne le peuvent pas, par manque de ces moyens. Il s'agit en fait d'une *fragmentation dure et incontrôlée de la société par la contradiction entre les générations*.

2.1. *Le premier de ces risques*, également anticipé dans le paragraphe précédent, est celui de la polarisation marquée de la société, de la division des populations en "*spécialistes/initiés*" et "*analphabètes numériques*". Plus grave encore, le terme "*analphabète fonctionnel*" est de plus en plus utilisé dans un sens profondément péjoratif, voire méprisant, comme si le niveau de formation, la capacité de penser, étaient secondaires par rapport aux compétences/connaissances d'utilisation des technologies IT&C.

Ce type de "*ségrégation*" a des implications qui vont bien au-delà des questions d'"*estime de soi*", par exemple. En l'absence de mesures administratives efficaces, les lacunes en matière de culture numérique conduisent inévitablement à restreindre l'accès d'une grande partie de la population à de nombreux services publics, qu'il s'agisse de services administratifs, bancaires, de transport, de santé ou même d'éducation. *Tous ces aspects se traduisent directement par une baisse de la qualité de vie des citoyens, alors que l'objectif affiché des technologies TIC, de l'intelligence et de l'économie numérique est précisément de l'augmenter !*

---

6 Présenté, à la tribune de l'Ecole d'Economie Humaniste de RACEF, *La crise d'après les crises. La crise de l'humanité?*, La nueva economía después del SARS-COV-2. Realidades y revolución tecnológica, Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras, Barcelone 2022, pp. 121-139, et après dans *Pandemia de coronavirus – Lecții „deocamdată” învățate?*, Pandemia. Constrângeri și oportunități economice, Editura Academiei Române, Bucarest, pp. 557-572.

2.2. *Un autre risque majeur, à notre avis, est la concentration des données et des informations véhiculées par les systèmes d'IA entre les mains de quelques entreprises/institutions capables non seulement d'échapper au contrôle de l'État, mais même d'exercer un contrôle sur les institutions démocratiques.*

On a beaucoup parlé, dans les dernières années, de l'érosion de la démocratie en raison de l'"altération" de la prise de décision politique par l'intervention des grandes entreprises, visible aujourd'hui à la fois dans le parrainage de grandes campagnes électorales et dans la présence active de représentants des grandes entreprises à des postes de décision politique.

Nous pouvons anticiper une deuxième vague d'attaques contre la démocratie, initiée et menée par les grands propriétaires de l'information, qui ne sont autres que les propriétaires/actionnaires des principales sociétés de technologie de l'information - qui, par coïncidence, figurent aujourd'hui parmi les personnes les plus riches de la planète.

Le pouvoir extraordinaire que ces acteurs ont acquis, en combinant la puissance financière et l'information qu'ils détiennent, nous oblige aujourd'hui, plus que jamais, à réfléchir à la question suivante : dans le contexte actuel, *la démocratie, dans sa forme grecque antique et séculaire, est-elle encore capable de respecter ses principes ? Une question difficile qui, nous le pensons, pourrait faire l'objet d'une réunion à part entière !*

En attendant de trouver les réponses appropriées à ce problème, les questions de la vie privée, de l'intimité, etc. sont encore insuffisamment abordées. Les efforts et les pas significatifs dans le domaine de la protection des données personnelles sont évidents. Ce qu'il faut reconnaître, c'est que leur efficacité concerne tout au plus les relations entre les utilisateurs et moins, voire pas du tout, les relations entre les utilisateurs et les propriétaires des grandes entreprises d'information.

3. *Les avantages du "métavers" pour l'économie, pour la société en général, sont fortement mis en avant, les statistiques montrant une augmentation*

quasi exponentielle de sa contribution au profit<sup>7</sup> au cours des 7 à 8 prochaines années. *On parle toujours, voilà, de profit !*

On ne peut pas en dire autant des “*avantages*” qu’il apporte au marché des données et de l’information : la collecte de données non verbales sur les utilisateurs, telles que la mimique, les gestes, la concentration du regard et les réactions corporelles, y compris les aspects liés à la somatisation des sentiments intenses des individus !

Si l’on considère que les dernières études sur la capacité d’identifier un utilisateur, à partir de ce type de données, montrent que certains algorithmes ont besoin de 5 minutes d’entraînement pour pouvoir reconnaître 95% des individus sur lesquels ils disposent de données non verbales<sup>8</sup>, il faut prendre conscience que *dans le métavers nous ne pourrions pratiquement plus nous “perdre dans la foule”, cas dans lequel des notions telles que l’intimité ou la vie privée sont significativement vidées de leur contenu !*

Les pages des magasins/revues, traditionnelles et virtuelles, et les rapports des agences de presse, gouvernementales et privées, sont remplis de préoccupations alarmantes ou alarmistes. En voici quelques-unes, à ce jour (10 mars 2023).

- AI - ChatGPT: *le code rouge de Google et le bouleversement du marché de l’emploi dans l’informatique.*<sup>9</sup>
- *Nous ne résisterons pas à ce phénomène (l’IA) ! Telle que notre société est construite, elle ne résistera pas à la pénétration de l’intelligence artificielle !*<sup>10</sup>

---

7 Buchholz, K. (2023) - <https://www.statista.com/chart/29329/metaverse-revenue/>

8 Idem, p. 17

9 Dițulescu, A. (2023, 06.02) - <https://cursdeguvernare.ro/ai-chatgpt-cod-rosu-la-google-si-schimbarea-din-temelii-a-pietei-muncii-in-it.html>

10 Mironov, Al. (2023, 11.02) – *Nu vom rezista în fața emancipării inteligenței artificiale*, <https://www.fanatik.ro/intr-un-viitor-deloc-sf-robotii-ne-vor-inlocui-la-serviciu-pre>

- *“L’intelligence artificielle ne comprend pas les humains - le détail qui nous rend compliqués, voire impossibles”<sup>11</sup>*
- *Le nouveau chatbot d’intelligence artificielle de Microsoft prétend être capable de créer un virus mortel et de voler les codes de lancement de missiles nucléaires<sup>12</sup>.*
- *L’État doit imposer des considérations morales au développement de l’IA. Il y a un risque de perte de contrôle par les humains<sup>13</sup>.*
- *Google perd 100 milliards de dollars à cause de son robot IA<sup>14</sup>.*
- *L’intelligence artificielle générative devrait se dépêcher lentement<sup>15</sup>.*
- *Le “père de l’internet” s’oppose-t-il à l’investissement dans l’intelligence artificielle? Pour la plupart d’entre elles, l’éthique sera une préoccupation secondaire, voire un non-sujet. ... L’éthique doit jouer un rôle important, ... c’est pourquoi il faut établir un code de conduite en matière d’IA que les entreprises et même les médias devraient être tenus d’accepter, et intégrer ces exigences de conformité dans les conditions d’utilisation des outils d’IA.”<sup>16</sup>*
- *Le Vatican et les énigmes morales de l’intelligence artificielle<sup>17</sup>.*

---

dictiile-lui-alexandru-mironov-nu-vom-rezista-in-fata-emanciparii-inteligentei-artificiale-20305403

11 Tilimpea, A. (2023) - <https://playtech.ro/2023/inteligenta-artificiala-nu-inteleg-oamenii-detaliul-care-ne-face-complicati-daca-nu-imposibili/>

12 Nicolae, A. (2023) - <https://www.activenews.ro/stiri/Noul-chatbot-cu-inteligenta-artificiala-de-la-Microsoft-sustine-ca-este-capabil-sa-creeze-un-virus-mortal-si-sa-fure-codurile-de-lansare-a-rachetelor-nucleare-179923>

13 Anton, C. (2023) - <https://stirileprotv.ro/stiri/ilikeit/rector-umfst-statul-trebuie-sa-impuna-consideratii-morale-in-dezvoltarea-ia-exista-riscul-ca-omul-sa-piarda-controlul.html>

14 DCBusiness Team (2023) - [https://www.dcbusiness.ro/google-pierde-100-miliarde-din-cauza-robotului-sau-de-inteligenta-artificiala\\_652513.html](https://www.dcbusiness.ro/google-pierde-100-miliarde-din-cauza-robotului-sau-de-inteligenta-artificiala_652513.html)

15 <https://financiarul.ro/companii/inteligenta-artificiala-generativa-ar-trebuie-sa-se-grabeasca-inceput/>

16 Frățilă, B. (2023, 18.02) - <https://www.kanald.ro/parintele-internetului-contra-investiri-in-inteligenta-artificiala-20293492>

17 <https://financiarul.ro/tehnologie/vaticanul-si-enigmele-morale-ale-inteligentei-artificiale/>

- *”Les dix emplois que l’intelligence artificielle est la plus susceptible de remplacer: Les emplois dans le domaine de la technologie ; Les emplois dans les médias (publicité, création de contenu, rédaction technique, journalisme) ; Emplois dans le secteur juridique (assistants juridiques, par exemple) ; Analystes d’études de marché ; Enseignants ; Emplois dans la finance (analystes financiers, conseillers financiers personnels) ; Les courtiers ; Les spécialistes de la conception graphique ; Comptables ; Les représentants des relations avec la clientèle.”*<sup>18</sup>
- *”L’IA est «l’un des plus grands risques pour la civilisation» ... Le milliardaire met en garde depuis longtemps contre les dangers d’un développement incontrôlé de l’IA. L’intelligence artificielle était «bien plus dangereuse» que les ogives nucléaires.”*<sup>19</sup> (Elon Musk, cofondateur de la société qui a créé le ChatGPT)
- ... etc., etc.

4. *La réalité est que nous n’avons pas encore répondu de manière adéquate aux défis posés dans ce domaine par les médias sociaux ! Ce que l’IA peut et ne peut pas faire “Nous ne savons pas ce que l’IA signifiera dans quelques années, mais elle apparaît aujourd’hui comme un partenaire... Pour l’instant, l’IA nous donne des informations, parfois aussi des suggestions ou des idées. Qu’est-ce que l’IA ne nous donne pas ? Les émotions et les histoires. L’émotion est caractéristique de l’être humain et aucun logiciel d’IA ne peut la reproduire de manière authentique. L’intelligence artificielle est rationnelle, pas émotionnelle. Les humains sont encore (s.n.) au stade de la connaissance et de la découverte de leurs propres émotions et, plus important encore, de la manière d’en prendre conscience, de les traiter et de les gérer afin d’améliorer leur vie individuelle et collective”*<sup>20</sup>.

---

18 Popescu, O., (2023, 12.02) - <https://ilike-it.ro/online/cele-zece-meserii-pe-care-inteligenta-artificiala-are-cele-mai-mari-sanse-sa-le-inlocuiasca.html>

19 Diaconu, R. (2023, 18.02) - <https://cursdeguvernare.ro/elon-musk-cofondator-al-chatgpt-ia-este-unul-dintre-cele-mai-mari-riscuri-pentru-civilizatie.html>

20 Costin, A., (2023, 03.02) - [https://republica.ro/inteligenta-artificiala-e-din-ce-in-ce-mai-folosita-de-companii-in-interactiunea-cu-clientii-ce-poate\\_2](https://republica.ro/inteligenta-artificiala-e-din-ce-in-ce-mai-folosita-de-companii-in-interactiunea-cu-clientii-ce-poate_2)

Des *responsabilités*, donc, dans l'élaboration de programmes et de projets pour l'avenir proche et lointain du domaine. Mais aussi des *inquiétudes*. Du décryptage des étapes - machine learning, deep learning, neural network, cognitive computing et computational vision - il faut considérer le développement des connaissances, sans une éducation réelle et bien menée, rien ne tournerait rond.<sup>21</sup>

Nous pensons que c'est le lieu et le rôle d'évoquer ce qu'on appelle l'*algorétique* (l'éthique de l'utilisation des algorithmes).

Et où pourrions-nous le faire mieux qu'ici, à l'École d'économie humaniste RACEF ?! Il y a peu (en mars 2023), d'ailleurs, le RACEF a conclu lors d'une réunion académique de haut niveau<sup>22</sup> que la technologie doit rester au service de l'humanité, tout en plaidant pour un nouveau modèle d'implication de la recherche dans ce domaine. Parallèlement<sup>23</sup>, la *RACEF milite pour l'établissement d'un code éthique pour le développement et l'utilisation de l'intelligence artificielle*, qui garantira que les technologies du futur ne seront utilisées que pour le bien de la société humaine.

## Références

Anton, C. (2023) - <https://stirileprotv.ro/stiri/ilikeit/rector-umfst-statul-trebuie-sa-impuna-consideratii-morale-in-dezvoltarea-ia-exista-riscul-ca-omul-sa-piarda-controlul.html>

---

21 Morcovescu, M. (2022, 28.12) – *Ce este inteligența artificială*, <https://www.libertatea.ro/stiri/ce-este-inteligenta-artificiala-4393960>

22 Vezi RACEF (2023, 17.03) - *The Royal Academy highlights the value of cybersecurity as a strategy and opportunity*, [https://racef-es.translate.goog/es/node/5735?\\_x\\_tr\\_sl=auto&\\_x\\_tr\\_tl=en&\\_x\\_tr\\_hl=en](https://racef-es.translate.goog/es/node/5735?_x_tr_sl=auto&_x_tr_tl=en&_x_tr_hl=en)

23 Vezi RACEF (2023, 15.03) - *The National Act calls for the establishment of ethical codes in the development and use of AI*, [https://racef-es.translate.goog/es/node/5734?\\_x\\_tr\\_sl=auto&\\_x\\_tr\\_tl=en&\\_x\\_tr\\_hl=en](https://racef-es.translate.goog/es/node/5734?_x_tr_sl=auto&_x_tr_tl=en&_x_tr_hl=en)

- Bailey, K. D. (2021) - *Social Entropy Theory: An Overview*, apud Taqi A., *Social Entropy*, <https://www.nonviolenceny.org/post/social-entropy>
- Buchholz, K. (2023) - <https://www.statista.com/chart/29329/metaverse-revenue/>
- Cernea, M.-V. (2021) - *Metavers, inteligență artificială și datele non-verbale: interferențe etice*, dans la publication *Etica Inteligenței Artificiale. Cât de inteligent putem utiliza IA?*, Commission Nationale de la Roumanie pour l'UNESCO, p. 16, CNR UNESCO (cnr-unesco.ro)
- Diaconu, R. (2023, 18.02) - <https://cursdeguvernare.ro/elon-musk-cofondator-al-chatgpt-ia-este-unul-dintre-cele-mai-mari-riscuri-pentru-civilizatie.html>
- Dițulescu, A. (2023) - <https://cursdeguvernare.ro/ai-chatgpt-cod-rosu-la-google-si-schimbarea-din-temelii-a-pietei-muncii-in-it.html>
- Frățiță, B. (2023, 18.02) - <https://www.kanald.ro/parintele-internetului-contrainvestirii-in-inteligenta-artificiala-20293492>
- Ioan-Franc, V.; Diamescu, A.-M. (2022) - *La crise d'après les crises. La crise de l'humanité?*, en *La nueva economía después del SARS-COV-2. Realidades y revolución tecnológica*, Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras, Barcelone 2022, pp. 121-139
- Ioan-Franc, V.; Diamescu, A.-M. (2022) - *Pandemia de coronavirus – Lecții „deocamdată” învățate?*, en *Pandemia. Constrângeri și oportunități economice*, Editura Academiei Române, Bucurest, pp. 557-572.
- Ion, A. (2019, 13.09) - *Avantajele și pericolele digitalizării. Toți angajații vor trebui să se adapteze la noua evoluție industrială*, <https://www.capital.ro/avantajele-si-pericolele-digitalizarii-toti-angajatii-vor-trebuie-sa-se-adapteze-la-noua-evolutie-industriala.html>
- Jaspers, K. - *Introducere în filosofie*, apud Paraschiv M., *Ce este filosofia?* pe [https://www.academia.edu/20126849/Ce\\_este\\_filosofia](https://www.academia.edu/20126849/Ce_este_filosofia)
- Kondratenko, Y. (2023) - *Increasing Role of Artificial Intelligence in Human Activity: Development, Implementation, and Perspectives*, RACEF, Barcelona, 2023.

- Mironov, Al. (2023, 11.02) – *Nu vom rezista în fața emancipării inteligenței artificiale*, <https://www.fanatik.ro/intr-un-viitor-deloc-sf-robotii-ne-vor-in-locui-la-serviciu-predictiile-lui-alexandru-mironov-nu-vom-rezista-in-fa-ta-emanciparii-inteligentei-artificiale-20305403>
- Morcovescu, M. (2022, 28.12) – *Ce este inteligența artificială*, <https://www.libertatea.ro/stiri/ce-este-inteligenta-artificiala-4393960>
- Nagler, J. (2020) - *Devenim ceea ce gândim: rolul cheie al mentalităților în dezvoltarea umană*, International science Council, <https://council.science.ro/current/blog/we-become-what-we-think-the-key-role-of-mindsets-in-human-development/>
- Nicolae, A. (2023) - <https://www.activenews.ro/stiri/Noul-chatbot-cu-inteligenta-artificiala-de-la-Microsoft-sustine-ca-este-capabil-sa-creeze-un-virus-mortal-si-sa-fure-codurile-de-lansare-a-rachetelor-nucleare-179923>
- Popescu, O., (2023, 12.02) - <https://ilike-it.ro/online/cele-zece-meserii-pe-care-inteligenta-artificiala-are-cele-mai-mari-sanse-sa-le-inlocuiasca.html>
- Simon, A.H. (1977, 1.12) - *Procesul decizional în organizațiile economice*, Discours à la mémoire d' Alfred Nobel, Carnegie – Mellon University, Pittsburg, în: *Laureații Nobel în economie – discursuri de recepție*, Vol. 2, Editura Expert, Bucurest, 2001, p. 169.
- Tilimpea, A. (2023) - <https://playtech.ro/2023/inteligenta-artificiala-nu-inteleg-oamenii-detaliul-care-ne-face-complicati-daca-nu-imposibili/>
- Vaciu, I. (2020, 27.10)- *Care sunt diferențele dintre Digitizare, Digitalizare și Transformarea Digitală?*, în Revista Comunicații mobile, <https://comunic.ro/care-sunt-diferentele-dintre-digitizare-digitalizare-si-transformarea-digitala/>
- Digital Economy and Society Index (DESI) 2022 Romania, European Commission, à [DESI\\_2022\\_\\_Romania\\_\\_eng\\_Y0CxsVwhe20h-biAE4OvH8IYJPg\\_88717.pdf](https://ec.europa.eu/economy_finance/files/2023/04/DESI_2022__Romania__eng_Y0CxsVwhe20h-biAE4OvH8IYJPg_88717.pdf)



Integrarea Digitală: un ghid pentru țările în curs de dezvoltare, Information Technologies Group/Center for International Development at Harvard University, à <https://cyber.harvard.edu/readinessguide>

DCBusiness Team (2023) - [https://www.dcbusiness.ro/google-pierde-100-miliarde-din-cauza-robotului-sau-de-inteligenta-artificiala\\_652513.html](https://www.dcbusiness.ro/google-pierde-100-miliarde-din-cauza-robotului-sau-de-inteligenta-artificiala_652513.html)

<https://financiarul.ro/companii/inteligenta-artificiala-generativa-ar-tre-bui-sa-se-grabeasca-incet/>

<https://financiarul.ro/tehnologie/vaticanul-si-enigmele-morale-ale-inteligentei-artificiale/>

RACEF (2023, 17.03) - *The Royal Academy highlights the value of cybersecurity as a strategy and opportunity*, [https://racef-es.translate.google.es/node/5735?\\_x\\_tr\\_sl=auto&\\_x\\_tr\\_tl=en&\\_x\\_tr\\_hl=en](https://racef-es.translate.google.es/node/5735?_x_tr_sl=auto&_x_tr_tl=en&_x_tr_hl=en)

RACEF (2023, 15.03) - *The National Act calls for the establishment of ethical codes in the development and use of AI*, [https://racef-es.translate.google.es/node/5734?\\_x\\_tr\\_sl=auto&\\_x\\_tr\\_tl=en&\\_x\\_tr\\_hl=en](https://racef-es.translate.google.es/node/5734?_x_tr_sl=auto&_x_tr_tl=en&_x_tr_hl=en)

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y GESTIÓN EMPRESARIAL: ALGUNAS REFLEXIONES HUMANISTAS

Dr. Arturo Rodríguez Castellanos

*Académico de Número de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras*

## Resumen

De todas las innovaciones tecnológicas recientes, es la inteligencia artificial la de impacto más intenso y generalizado, permeando al resto. ¿Cómo está siendo, y será en el futuro, su aplicación al ámbito de la gestión empresarial? ¿Cuál será, en tales circunstancias, el papel de las personas en las empresas? En este trabajo se reflexiona sobre esas cuestiones desde una perspectiva guiada por los postulados de la Escuela de Economía Humanista de Barcelona, desarrollada en el seno de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.

La aplicación de la inteligencia artificial en el ámbito empresarial se ha desarrollado enormemente, habiéndose modificado las áreas en las que genera más valor. Pero han surgido desigualdades preocupantes, pues se ha generado un grupo reducido de empresas adelantadas que se han apoyado en esta tecnología para desarrollar su ventaja competitiva y alejarse del resto.

No obstante, el valor de la inteligencia artificial en la gestión empresarial reside básicamente en su aplicación complementando a las personas para crear valor. Así, el papel de las personas será crítico, pues asumirán funciones que no puedan ser asumidas por los sistemas artificiales. Las empresas exitosas de futuro serán no menos, sino más humanas.

**Palabras clave:** *innovación tecnológica, inteligencia artificial, gestión empresarial, gestión del talento, humanismo empresarial.*

## Abstract

Among all recent technological innovations, artificial intelligence is the one with the most intense and widespread impact, permeating the rest. How is it being applied to the field of business management? How will it be in the future? What will be, in such circumstances, the role of people in companies? This paper discusses these questions from a perspective guided by the postulates of the Barcelona School of Humanist Economics, developed within the Royal Academy of Economic and Financial Sciences.

The application of artificial intelligence in business has developed enormously, and the areas in which it generates most value have changed. But worrying inequalities have arisen, as a small group of advanced companies have emerged that have relied on this technology to develop their competitive advantage and distance themselves from the rest.

However, the value of artificial intelligence in business management lies in its application complementing people to create value. Thus, the role of people will be fundamental, as they will assume functions that cannot be taken on by artificial systems. Successful companies in the future will be not less, but more human.

**Keywords:** *technological innovation, artificial intelligence, business management, talent management, business humanism.*

## Introducción

En las recientes décadas han aparecido un conjunto amplio de innovaciones tecnológicas en muy diversos campos. Todas estas innovaciones, además, se interrelacionan entre sí, potenciándose unas a otras, dando lugar, en sus aplicaciones empresariales, a desarrollos que han sido conceptualizados con términos como “Industria 4.0” (Lasi et al., 2014) “cuarta revolución industrial” (Schwab, 2016), o “Industria 5.0” (Breque et al., 2021).

Pero de todas estas innovaciones, es la inteligencia artificial la que plantea los desafíos más importantes, ya que su impacto es, y será, el más intenso y generalizado en todos los sectores de actividad. Además, las permea a todas, por lo que muy posiblemente se convertirá en la “capa base” sobre que se construyan todos los avances tecnológicos futuros.

En estas condiciones, podemos plantearnos: ¿Cómo está siendo ya, y será en el futuro, la aplicación de la inteligencia artificial al ámbito de la gestión empresarial? ¿Cuál será, en tales circunstancias, el papel de las personas en las empresas?

En un entorno complejo e incierto, como es el actual, y el que se vislumbra para el futuro, la capacidad de responder a situaciones totalmente nuevas e imprevisibles, y de hacerse preguntas nunca antes formuladas, será decisiva para la supervivencia empresarial. Y esta capacidad, hoy por hoy, sigue siendo monopolio de los seres humanos.

En lo que sigue se exponen algunas reflexiones sobre el empleo de la inteligencia artificial en la gestión de las empresas desde una perspectiva humanista, guiada por los postulados de la Escuela de Economía Humanista de Barcelona, desarrollada en el seno de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras. Según tales postulados (Gil-Aluja, 2021), las personas deben estar en el principio de la Economía, pues pensando, decidiendo y actuando según la razón y la emoción, son el sujeto de las relaciones en el sistema económico, y por tanto las constructoras de la Economía. Pero también deben estar en el fin, pues la finalidad última de la Economía no puede ser sino la mejora de la vida de las personas (Gil-Lafuente, 2019, 2020).

Así, el resto de este trabajo se estructura como sigue.

En primer lugar, se presenta la inteligencia artificial en el contexto del amplio abanico de innovaciones tecnológicas interrelacionadas surgido en los últimos tiempos, se define de manera informal ese concepto, y se revisan brevemente sus desarrollos más destacados. A continuación, en la siguiente

sección se presenta una visión de su aplicación en la gestión empresarial, así como los condicionantes que pueden afectar a su desarrollo futuro. Seguidamente, se trata su repercusión sobre el papel de las personas en la empresa; se consideran aquellas cualidades de las personas que, ni actualmente, ni en un futuro previsible, son reproducibles mediante inteligencia artificial, siendo esas cualidades las que tendrán especial valor en un entorno complejo e incierto; se pasa a considerar su posible impacto sobre el empleo; se presenta la combinación entre personas e inteligencia artificial como la solución idónea, finalizando la sección con una perspectiva sobre las consecuencias de lo anterior sobre la gestión empresarial de las personas y su talento. Finaliza el trabajo con la exposición de las principales conclusiones obtenidas y la bibliografía relevante.

## **La inteligencia artificial en un tiempo de disrupción tecnológica**

Ante todo, la inteligencia artificial debe ser considerada en el contexto de un conjunto de innovaciones tecnológicas en muy diversos campos, correspondientes a avances significativos, y cada vez más veloces, en la ciencia, la ingeniería, la medicina y la tecnología. Su aplicación en las empresas está dando lugar a conceptos como “Industria 4.0” (Lasi et al., 2014; Brunet-Thornton y Martínez, 2018), “cuarta revolución industrial” (Schwab, 2016), o “Industria 5.0” (Breque et al., 2021; Kraaijenbrink, 2022). Todas estas innovaciones se interrelacionan entre sí, potenciándose unas a otras e incrementando su capacidad disruptiva, de forma que debido a su impacto las reglas del juego empresarial se están modificando rápidamente, y se modificarán todavía más en el futuro.

Siguiendo diversos trabajos (World Economic Forum, 2015; Schwab, 2016; Ab Rahman et al., 2017; BMI, 2018; Gubert, 2018; Smith y Pourdehnad, 2018, Bongomin et al., 2020; Chui et al., 2022a), podemos establecer, como impulsores de estos desarrollos, y sin ánimo ni de exhaustividad ni de excesiva exactitud, varios grupos de tendencias relacionadas:

- Física e ingeniería:
  - “Fabricación aditiva” (impresión 3D, escaneo 3D).
  - Nuevos materiales (materiales inteligentes o con memoria de forma, nanomateriales, polímeros termoestables reciclables) (Torres-Silva, 2017).
  - Biomateriales.
  - Ingeniería biológica.
  - Robótica avanzada (robots conectados a la red, vehículos autónomos, drones, biomimética, robots autónomos, nanorrobots, sistemas ciber-físicos) (Ford, 2015).
  
- Computación:
  - Simulación avanzada (“gemelos digitales”, modelado 3D, visualización 3D).
  - Análisis de *Big Data*.
  - Computación en la nube (*Cloud Computing*).
  - Superordenadores.
  - Computación cuántica (López González, 2020, 2023).
  
- Conectividad:
  - Tecnologías avanzadas de redes (5G, 6G).
  - “Internet de las cosas” (monitoreo remoto, dispositivos implantables, “sensores inteligentes”, “comunicación máquina-a-máquina”, “hogares inteligentes”, “fábricas inteligentes”).
  - “Realidad inmersiva” (“realidad virtual”, “realidad aumentada”, “metaverso”).
  - “Cadena de bloques” –*blockchain*– (criptomonedas, “Web3” y otras aplicaciones) (López-González, 2018).

- Tecnologías biológicas:
  - Genómica: secuenciación genética, activación o modificación de genes, biología sintética (edición genética), terapias génicas.
  - Proteómica.
  - “Bioimpresión” (combinación de la impresión 3D con la edición genética para producir tejidos vivos).
  - Monitoreo de parámetros biológicos.
  - Neurotecnologías.
- Sostenibilidad (requeridos para la Industria 5.0):
  - Productos y servicios sostenibles,
  - Movilidad sostenible,
  - Energías limpias,
  - Almacenamiento avanzado de energía (baterías de nueva generación)

Como ya se ha indicado, todos estos desarrollos están convergiendo en un espacio muy breve de tiempo, apalancándose unos a otros, aumentando la velocidad y la magnitud de los cambios de manera nunca vista (Schwab, 2016). Esta situación no parece tener precedente histórico. La complejidad tecnológica va en aumento; pero además, no solo la aparición de nuevos desarrollos, sino también el impacto de los ya conocidos, son difíciles de prever, con lo que la incertidumbre se ha incrementado.

Ahora bien, de todos los desarrollos tecnológicos que han eclosionado en las recientes décadas, es la inteligencia artificial (Morabito, 2018, Kondratenko, 2023) la que, en opinión de muchos, está llamada a ser la innovación tecnológica que presente los desafíos más importantes (Skilton y Hovsepian, 2018), ya que su impacto es ya, y será todavía más en el futuro, el más in-

tenso y generalizado (Rao y Verweij, 2017; General Electric, 2018, 2020)<sup>1</sup>; de hecho, es la única tendencia tecnológica con un grado de implantación avanzado en todos los sectores de actividad (Chui et al., 2022a). Y, estando más directamente vinculada con algunos desarrollos concretos (por ejemplo robótica, vehículos autónomos, o análisis de Big Data), podemos decir que, de forma directa o indirecta, efectiva o potencialmente, informa y permea a prácticamente todos ellos<sup>2</sup>. Por tanto, seguramente se convertirá en una “capa base” sobre la cual se construyan todos los avances tecnológicos futuros (The Economist, 2023a)

La IA puede definirse, de forma no estrictamente rigurosa, como el conjunto de tareas no preprogramadas de tipo cognitivo –percepción, razonamiento, aprendizaje, resolución de problemas–, tradicionalmente asociadas a las funciones propias de las mentes humanas, pero que son efectuadas por sistemas computacionales artificiales.

En estos momentos, las tecnologías de IA más destacadas suelen estar incluidas dentro del denominando “aprendizaje automático” (*Machine Learning*, ML). Son sistemas basados en algoritmos que se entrenan con datos. De esta forma pueden detectar patrones y aprender a hacer predicciones y recomendaciones mediante el procesamiento de datos, en lugar de recibir instrucciones de programación explícitas. También se adaptan en respuesta a nuevos datos y experiencias, mejorando así su eficacia con el tiempo. El volumen y la complejidad de los datos que se generan actual-

1 Muestra de la preocupación por ese impacto es la reciente inquietud sobre el empleo inadecuado de las aplicaciones de inteligencia artificial generativa como el Chat GPT (Acemoglu y Johnson, 2023), e incluso la aparición en ellas de funciones emergentes no previstas (The Economist, 2023b), que ha llevado incluso a un muy amplio grupo de personalidades del mundo tecnológico a solicitar una pausa inmediata, de al menos seis meses, en el entrenamiento de sistemas más potentes (Aguilar, 2023), e incluso al llamamiento del experto Eliezer Yudkowsky para detener de manera indefinida dicho entrenamiento (Yudkowsky, 2013).

2 Por ejemplo, la combinación de la IA con la computación cuántica dará lugar a la Inteligencia Artificial Cuántica, la cual abre posibilidades difíciles de estimar (López González, 2023; Fundación Innovación Bankinter, 2023).



mente, imposibles de ser razonablemente procesados por los seres humanos, han aumentado tanto el potencial como la necesidad de esta tecnología (McKinsey, 2023b).

Un paso más en el intento de prescindir de la supervisión humana, lo tenemos en el “aprendizaje profundo” (*Deep Learning*, DeepL). Utiliza “redes neuronales artificiales”, basadas en las formas en que las neuronas interactúan en el cerebro humano, para asimilar datos y procesarlos a través de múltiples iteraciones, lo que permite aprehender características de los datos cada vez más complejas. De esta forma, puede procesar una gama más amplia de recursos de datos (imágenes, por ejemplo, además de texto), requiere incluso menos intervención humana, y suele producir resultados más precisos que el aprendizaje automático tradicional en tareas como reconocimiento de formas y predicción (McKinsey, 2023b).

Dentro del amplio grupo de técnicas de aprendizaje automático destacan (Chui et al., 2022a):

- Visión por ordenador: Trabaja con datos visuales, como imágenes, vídeos y señales tridimensionales.
- Procesamiento del lenguaje natural: analiza y genera datos basados en el lenguaje, como texto y voz. Es la denominada “inteligencia artificial generativa” o “IA generativa”. Aquí se incluirían desarrollos recientes como el Chat GPT (Chui et al, 2022b; Arrobasolutions, 2023; McKinsey, 2023a; The Economist, 2023b).
- Grafos de conocimiento: organizan bases de datos como redes que muestran relaciones complejas entre nodos (Kejriwal et al., 2021).

A continuación pasaremos a ver **cómo** los desarrollos de inteligencia artificial están siendo aplicados a la gestión empresarial.

## La inteligencia artificial en la gestión empresarial

Pasando, pues, a su empleo concreto en el ámbito empresarial, desde 2017 se ha más que duplicado, así como la inversión correspondiente (Chui et al., 2022c; Zhang et al., 2022).

Por otra parte, las áreas de actividad en las que genera más valor han ido modificándose en los últimos tiempos, pasando de la fabricación y la gestión de riesgos en 2018 a, en cuanto a incremento de ingresos, marketing y ventas (Kaplan, 2021; Singh, 2022; Das et al., 2023), desarrollo de productos y servicios, estrategia y finanzas corporativas (Orsag et al., 2021), y en reducción de costes la gestión de la cadena de suministro (Torres-Franco, 2021).

Pero están surgiendo desigualdades preocupantes, pues el ritmo de adopción de esta tecnología, y el aprovechamiento de las ventajas que proporciona, varían de forma importante (Chui et al., 2022c). Así, se ha generado un grupo relativamente reducido de empresas que han sabido adelantarse y obtener alta rentabilidad del empleo de la inteligencia artificial, expandiendo así su ventaja competitiva y alejándose del resto. Estas empresas efectúan mayores inversiones en esta tecnología, han conseguido escalar y acelerar su desarrollo y rentabilidad, consiguiendo con ello incrementos de ingresos, pero también reducción de costes, y muestran una mayor capacidad tanto para atraer talento vinculado a la inteligencia artificial, como para desarrollar habilidades relacionadas con la misma en las personas ya empleadas.

Si de este grupo reducido nos centramos en las “grandes tecnológicas” (“*The big five*”: Alphabet, Amazon, Apple, Meta y Microsoft), se observa que su apuesta por la inteligencia artificial es muy alta. Así, están efectuando fortísimas inversiones en la misma (The Economist, 2023a); de hecho, en los últimos cuatro años le han dedicado el 20% de sus inversiones totales, siendo con mucha diferencia la mayor proporción de su inversión en nuevas tecnologías. Además, en los últimos cuatro años han tomado participaciones en más

de 200 empresas de inteligencia artificial. Y esta tendencia se está acelerando. Por otra parte, el 10% de sus ofertas de trabajo requieren habilidades en esta tecnología. A pesar de los recientes procesos de despidos masivos en las grandes tecnológicas, sin embargo su demanda de talento en inteligencia artificial está incrementándose.

Ahora bien, el desarrollo y uso en las empresas de nuevas aplicaciones de inteligencia artificial pueden verse afectados por diversos condicionantes.

Uno es la disponibilidad de recursos, tanto humanos (talento) como financieros. Respecto de los primeros, ya hemos visto cómo existe una fuerte competición por atraer talento relativo a la inteligencia artificial, que parece estar dando lugar a fuertes desigualdades entre las empresas más adelantadas y el resto. En cuanto a los segundos, también pueden constituir una limitación importante para ciertas empresas, en especial las de reducida dimensión, a pesar de los avances que permiten hacer más asequibles los desarrollos en esta tecnología y también en las que dan soporte a la misma (*hardware*, infraestructuras de información y comunicación).

Otro es que su adopción podría ser frenada por la preocupación, generalizada en el ámbito empresarial, en materia de ciberseguridad, especialmente lo relativo a riesgos y vulnerabilidades de los datos (Chui et al., 2022c).

Asimismo, otra limitación importante a su desarrollo puede residir en la falta de aceptación por parte de las personas empleadas. En este sentido, un estudio de Choi (2021) obtiene que la disposición de estas a aceptar el uso de la inteligencia artificial aumenta en la medida que:

- las funciones de la persona empleada, así como las tareas a efectuar por la aplicación de Inteligencia artificial, estén claramente establecidas, teniendo en cuenta la preocupación por la privacidad relacionada con el uso de dicha tecnología;
- exista motivación para usarla;

- y la persona empleada esté plenamente capacitada para el empleo de la tecnología, de forma que haya superado la desconfianza respecto de su uso.

También puede plantear problemas la aceptación de la inteligencia artificial por parte de la clientela. A este respecto, se ha encontrado que la confianza es uno de los factores clave que influyen en las actitudes hacia la inteligencia artificial; la generación de confianza juega un papel central en la aceptación del uso de esta tecnología (Nagy y Hadjú, 2021)<sup>3</sup>. Otros factores relevantes para su aceptación son también la utilidad percibida de su uso, la expectativa del rendimiento que puede proporcionar, la actitud hacia su empleo, y la facilidad de uso percibida (Nagy y Hadjú, 2021; Kelly et al, 2023).

Un factor que ha sido a veces olvidado es el cultural (tradicción, normas sociales, influencia social), pues ha resultado tener gran importancia al considerar su aceptación por parte de determinados grupos sociales. Es esencial tener en cuenta las implicaciones culturales de que algunas personas y grupos buscan servicios por necesidad de contacto humano, que no puede ser replicada o reemplazada por esta tecnología, sin importar su utilidad percibida o su facilidad de uso (Kelly et al, 2023).

Por último, otros grupos de interés pueden cuestionar aspectos del empleo responsable y fiable de la inteligencia artificial, como son la gobernanza de los datos, la equidad, la imparcialidad, los efectos medioambientales, etc. Estas preocupaciones pueden llevar a los gobiernos a establecer normativas y requisitos de cumplimiento sobre la investigación y las aplicaciones de la misma. Para las propias empresas, abordar estos aspectos podría implicar incorporar mayores controles sobre el empleo de esta tecnología, así como poner en marcha mecanismos de gestión de riesgos asociados (Chui et al., 2022c).

---

<sup>3</sup> Noticias como la indicada en la nota 1, respecto de la petición de una pausa, o incluso la paralización indefinida, en el entrenamiento de sistemas potentes de inteligencia artificial, no facilitan la confianza en esta tecnología.

En última instancia, el valor de la inteligencia artificial en la gestión empresarial no está en los sistemas en sí, sino en cómo son empleados para ayudar a las personas en sus actividades, y en la capacidad de los responsables empresariales para explicar a los accionistas y a otros grupos de interés lo que hacen esos sistemas, de una manera que genere y gane confianza (McKinsey, 2023b).

### **Inteligencia artificial y personas en la empresa.**

Ante el enorme desarrollo de la inteligencia artificial en su aplicación a la gestión empresarial, podemos preguntarnos por el papel de las personas en las empresas del futuro. Pudiera parecer que este papel se reducirá considerablemente. Sin embargo, nuestra opinión es que, antes al contrario, será crítico, pues asumirán funciones decisivas, que no puedan asumir los sistemas artificiales inteligentes.

Por ello, a continuación vamos a desarrollar nuestra argumentación en cuatro subapartados: en primer lugar consideraremos las cualidades de las personas que, al menos de momento, no pueden reproducir los sistemas artificiales inteligentes; en segundo lugar, trataremos del posible impacto sobre el empleo de la aplicación de la inteligencia artificial; seguidamente, propondremos la combinación de inteligencia humana con inteligencia artificial como mejor alternativa para alcanzar la competitividad en el futuro. Y, por último, trataremos de las consecuencias de todo ello sobre la gestión de las personas en la empresa (Rodríguez-Castellanos, 2018, 2019; Rodríguez-Castellanos et al., 2018, 2019).

#### *Personas e IA: lo que la IA no hace*

Podría aventurarse que el poder masivo de procesamiento de datos de las aplicaciones de inteligencia artificial (Hiran et al., 2023), sin las emociones y la fatiga biológica propias de los seres humanos, las hace más productivas y

eficientes que las personas en la toma de decisiones y las predicciones (Rahman, 2021). ¿Esto implicaría que la aportación humana al valor de la empresa se volverá desechable?

La inteligencia humana, a diferencia de la inteligencia artificial, aparte de ser una inteligencia “general” y no especializada, integra conocimientos, emociones y valores (Gil-Aluja, 2020); esta combinación le permite captar el significado de los conocimientos que recibe (Froese y Taguchi, 2019) y darles sentido (Froese y Taguchi, 2019; Morozov, 2023). Las personas tienden a la autoexpresión y la autoactualización, se diferencian aprehendiendo el entorno, equilibrando intereses, automotivándose (Schwarz, 2018), comprometiéndose, mirando alrededor y viendo lo que se puede hacer diferente, tomando decisiones también con ética, lo cual no puede ser replicado por los sistemas artificiales inteligentes (Velthuisen et al., 2017). La mente humana es un sistema sorprendentemente eficiente e incluso elegante que, operando con pequeñas cantidades de información, es capaz de distinguir las entidades del mundo e interpretar contextualmente cómo se relacionan; no busca inferir correlaciones brutas entre datos, sino crear explicaciones de forma crítica (Roberts et al., 2023; Maturana y Rayón, 2023).

La fuerza emocional es otro factor diferenciador clave de los seres humanos (Biosca, 2018). La inteligencia artificial carece de la energía que se genera mediante una conexión humana emocional real.

¿Estas cualidades son útiles en las empresas? No parece ser necesario un gran esfuerzo mental para responder afirmativamente. Así, la interpretación contextual a la que antes hemos aludido permite entender intenciones, emociones y suposiciones implícitas en las personas, elemento esencial en las relaciones humanas, por ejemplo en el liderazgo, o en la relación con la clientela (Rahman, 2021). Asimismo, permite a las personas comprometerse emocionalmente con los proyectos que asumen (Biosca, 2018), rendir cuentas, o explicar en un lenguaje comprensible por qué han tomado ciertas decisiones (López de Mántaras, 2018), actuaciones de las que no son capaces los

sistemas artificiales inteligentes. Las empresas necesitarán que las personas empleadas conecten con sus compañeras, con la clientela y con el resto de *stakeholders* en un nivel emocional, para comprender mejor sus necesidades más profundas y crear altos niveles de confianza (Velthuijsen et al., 2017; Gray y Purdy, 2018).

Por otra parte, en un entorno complejo e incierto, como es el actual, y el que se vislumbra para el futuro, la creatividad crítica, también antes aludida, esto es, la capacidad de responder a situaciones totalmente nuevas e imprevisibles, y de hacerse preguntas nunca antes formuladas, será decisiva para la supervivencia empresarial. Y esta capacidad, hoy por hoy, sigue siendo monopolio de los seres humanos (Innerarity, 2023). Por tanto, la complejidad e incertidumbre progresivas en los sistemas económicos y en las empresas hacen resaltar todavía más el papel de las personas, con sus capacidades, sus conocimientos y sus valores (Gil-Aluja, 2015), base para actuar con éxito en entornos inciertos mediante la innovación (Rodríguez-Castellanos, 2015).

### *Impacto sobre el empleo*

¿Tendrá la aplicación de la inteligencia artificial, en conjunción con otras tecnologías, un impacto negativo sobre el empleo? Puede argumentarse que la sustitución de personas por sistemas artificiales inteligentes hará que en el futuro las empresas, especialmente las industriales, ocupen a menos personas. Lo que es indudable es que cambiará profundamente la naturaleza del trabajo en todos los sectores de actividad, de forma que posiblemente en muchas empresas se reducirá la cantidad de personas empleadas, aunque también esta tecnología creará empleo. Así, hasta ahora, el desplazamiento del empleo debido a la automatización ha sido compensado por la creación de nuevos puestos de trabajo, y si nos remontamos a otras etapas históricas, la aparición de nuevas ocupaciones después de las innovaciones tecnológicas representa la gran mayoría del crecimiento del empleo a largo plazo (Hatzius et al., 2023).

Si bien existe una cierta tendencia a considerar que el efecto neto de este proceso será negativo para la ocupación (World Economic Forum, 2016; Man- yika et al., 2017), su cuantificación concreta es discutible, dados los resultados en parte contradictorios de los diversos estudios efectuados al respecto (Frey y Osborne, 2013; Arntz et al., 2016; Hawksworth et al., 2018). Un reciente estudio de la consultora Goldman Sachs (Hatzius et al., 2023), utilizando datos sobre tareas ocupacionales tanto en los Estados Unidos como en Europa, encuentra que aproximadamente dos tercios de los trabajos actuales están ex- puestos a algún grado de automatización mediante la inteligencia artificial, y que esta, en su reciente variante de IA generativa, podría sustituir hasta una cuarta parte del trabajo actual, exponiendo a la automatización al equivalente a 300 millones de empleos a tiempo completo. Ahora bien, ese mismo estudio concluye que la combinación de ahorros significativos en los costes laborales, la creación de nuevos empleos y una mayor productividad para los trabajado- res no desplazados plantea la posibilidad de un auge de la productividad que aumente sustancialmente el crecimiento económico, y por tanto el empleo, aunque el momento de tal auge es difícil de predecir. Por tanto, es incluso posible que el efecto final neto sobre el empleo sea positivo (Naim, 2018).

En nuestra opinión, debe también tenerse en cuenta a este respecto que:

- En primer lugar, como ya se ha indicado, se están creando, y se crearán, muchos nuevos puestos de trabajo en áreas vinculadas a la investiga- ción y la aplicación de la inteligencia artificial.
- En segundo lugar, un entorno complejo e incierto como el actual pue- de hacer inservibles ciertos cálculos previsionales. Así, la velocidad y cuantía de la destrucción de empleos y las de creación de otros puestos de trabajo debidos a la implantación de esta tecnología son muy difíci- les de prever.
- En tercer lugar, un puesto de trabajo consiste en un conjunto de fun- ciones interrelacionadas, estando constituidas cada una de ellas por un conjunto de tareas, algunas de las cuales pueden ser mejor efectuadas



por la inteligencia artificial, pero, hoy por hoy, es imposible que esta sustituya satisfactoriamente a ese conjunto de funciones interrelacionadas que constituyen un puesto de trabajo. No es lo mismo sustituir tareas concretas que sustituir profesiones enteras. Esto se ha mostrado en los problemas que se han presentado en una gran variedad de ámbitos, como por ejemplo la atención al cliente o al ciudadano, cuando, muy posiblemente de forma errónea, se ha pretendido sustituir a personas por aplicaciones informáticas, lo cual ha inducido a “rehumanizar” ciertas tareas.

- Y, por último, la decisión de prescindir de puestos de trabajo es una decisión empresarial, tomada por personas, con conocimiento y responsabilidad, que en determinadas circunstancias puede ser necesaria, pero no puede ser adoptada a la ligera. La sustitución simple de personas por sistemas artificiales inteligentes puede tener efectos no deseados que deben tenerse en cuenta si se quieren evitar decisiones erróneas de graves consecuencias a medio y largo plazo (Acemoglu y Johnson, 2023).

Por tanto, en nuestra opinión tal vez no tenga mucho sentido plantearse cómo y cuándo los sistemas tecnológicos inteligentes sustituirán a las personas en las empresas; por el contrario, la cuestión crítica es cómo ambos, personas y sistemas inteligentes, pueden complementarse mutuamente, esto es, qué cualidades deben reunir unas y otros para poder conjuntamente aportar valor a las empresas en el futuro.

### *Combinación personas - inteligencia artificial*

A medida que progrese la aplicación de sistemas artificiales inteligentes muchas personas verán alteradas sus ocupaciones, pues deberán trabajar cada vez más estrechamente con ellos. Ahora bien, el auténtico potencial de estos sistemas reside no en sustituir las capacidades humanas, sino en complementarlas. Así, por ejemplo, la combinación de inteligencia artificial y personas hace posible una producción flexible y adaptable a las cambiantes necesidades

de la clientela (Daugherty y Wilson, 2018). Asimismo, la inteligencia colectiva apoyada en la inteligencia artificial generará resultados muy superiores (Malone, 2018).

Por tanto, las combinaciones de personas con estos sistemas generarán más valor que ellos solos, o que las personas solas (Velthuisen et al, 2017; Daugherty y Wilson, 2018; Sucasas, 2018; Burton, 2019; Roos y Kerr, 2019; Rayón, 2023). Los equipos directivos en las organizaciones deben preparar a las personas empleadas para interactuar con sistemas artificiales cada vez más capaces, conectados e inteligentes (Schwab, 2016; Sucasas, 2018).

Por tanto, como ya se ha indicado, la verdadera cuestión no es si la inteligencia artificial sustituirá a las personas, sino cómo una y otras podrán trabajar de manera más eficiente (Biosca, 2018), y qué cualidades deben reunir las personas empleadas para poder, en esa combinación, aportar el máximo valor a las empresas del futuro (Velthuisen et al., 2017).

### *Consecuencias sobre la gestión de las personas en la empresa*

De todo lo anterior se deduce que, en el futuro, las empresas buscarán personas que sean buenas desempeñando tareas que la automatización inteligente difícilmente puede llevar a cabo, pero que a su vez sean capaces de añadir valor al uso de esta.

Muy posiblemente habrá una alta demanda para personas capaces de desempeñar tareas no sustituibles por sistemas artificiales inteligentes, como serán los que requieran altos niveles educativos y capacidades sociales, creativas y de sistemas, en especial la capacidad de desenvolverse en entornos complejos, la toma de decisiones bajo incertidumbre (Gil-Aluja et al., 2015) y el desarrollo de ideas novedosas. Asimismo, se requerirán principalmente personas con valores, creatividad y agilidad mental, y capacidad para desarrollar ideas novedosas, pensando de manera sistémica en un entorno altamente tecnológico. Asimismo, la nueva situación exigirá también personas flexibles,

esto es, con capacidad para adaptarse continuamente y aprender nuevas destrezas y enfoques en una variedad de contextos (Schwab, 2016; García, 2018; General Electric, 2018).

Así, la humanización de la perspectiva organizacional será el marco para todos los planteamientos de productividad y competitividad (Basilio, 2018). Las personas se convertirán en el recurso crucial, que deberá ser gestionado con eficacia (Ahonen y Sveiby, 2018; General Electric, 2018). La humanización llegará a ser, pues, el marco para la productividad y la competitividad desde la perspectiva organizacional (Martins et al., 2018).

Por tanto, el *talento* de las personas será el más importante impulsor emergente de competitividad, y por tanto la forma dominante de ventaja estratégica (Schwab, 2016; García, 2018; Wright et al., 2018).

Un ejemplo de ello es la búsqueda por parte de las empresas de talento relativo a la propia inteligencia artificial. Y parece que, a este respecto, la estrategia más popular y claramente principal es la capacitación de personas empleadas ya existentes en la empresa, técnicas y no técnicas, mediante diversos tipos de programas de formación, al objeto de desarrollar sus habilidades relacionadas con esta tecnología. Le sigue el reclutamiento de personas tituladas procedentes de universidades de primer nivel, así como de otras empresas tecnológicas. Pero parece que lo idóneo es aprovechar el máximo de fuentes de reclutamiento: universidades técnicas, empresas tecnológicas, otras universidades, academias de capacitación, organizaciones profesionales, etc. (Chui et al., 2022c).

Ello requerirá un nuevo modelo de gestión de las personas, capaz de detectar nuevas necesidades de talento y habilidades, y diseñando estrategias para la gestión del talento y la innovación. También debe tener en cuenta que posiblemente sea difícil, respecto de ciertas funciones clave especializadas, encontrar talento en el entorno próximo, por lo que se requieren nuevas formas de abordar la diversidad del talento y las barreras percibidas a la misma.

En el futuro, las evaluaciones de los puestos de trabajo, los modelos de remuneración, incluso los propios mercados de trabajo, deberán mutar para conceder la máxima relevancia a los valores específicos que únicamente pueden aportar los seres humanos, frente a las tareas técnicas y cognitivas que pueden ser mejor efectuadas por sistemas artificiales (Velthuisen et al., 2017).

En este sentido, aquellas empresas cuyo único objetivo sea sustituir inteligencias naturales por inteligencias artificiales fracasarán y desaparecerán, antes o después; mientras que las que potencien la eficiencia de las personas en vinculación con los sistemas de inteligencia artificial, serán las que ganen la partida. En entornos complejos e inciertos, la inteligencia colectiva, unida a la inteligencia artificial, es la única garantía de supervivencia.

Por tanto, si ya ahora es crítico el papel de las personas en la empresa, en el futuro lo será más todavía, pues, actuando en conjunción con la automatización inteligente, serán capaces de añadir el máximo valor a su uso. Por tanto, las empresas, para alcanzar la competitividad y el éxito de forma sostenible, deberán ser no menos, sino más humanas.

## **Conclusiones**

En las recientes décadas han aparecido y se han desarrollado un conjunto amplio de innovaciones tecnológicas correspondientes a avances significativos, y cada vez más veloces en muy diversos campos. Estas innovaciones, además, interactúan entre sí. Ahora bien, de todas ellas, es la inteligencia artificial la que puede presentar los desafíos más importantes, ya que su impacto está siendo ya, y será todavía más, el más intenso y generalizado todos los sectores de actividad. Además, informa y permea todos los desarrollos tecnológicos, por lo que muy posiblemente se convertirá en la “capa base” sobre que se construyan todos los avances tecnológicos futuros.

Su empleo concreto en el ámbito empresarial se ha más que duplicado en un lustro. Las áreas en las que genera más valor han mutado, desde la fabrica-

ción y la gestión de riesgos a, en cuanto a incremento de ingresos, marketing y ventas, desarrollo de productos y servicios, estrategia y finanzas corporativas y, en reducción de costes, la gestión de la cadena de suministro.

Ahora bien, están surgiendo desigualdades preocupantes, pues el ritmo de adopción de esta tecnología, y la creación de valor consiguiente, son muy diversos. Se ha generado un grupo relativamente reducido de empresas adelantadas que se han apoyado en la inteligencia artificial para desarrollar su ventaja competitiva y alejarse del resto.

Pero el desarrollo y uso en las empresas de esta tecnología pueden verse afectados por diversos condicionantes, como son la disponibilidad de recursos, tanto humanos como financieros, las preocupaciones en materia de ciberseguridad, o su aceptación por las personas, tanto empleadas como consumidoras, u otros grupos de interés. Por tanto, el valor de la inteligencia artificial en la gestión empresarial no reside en sí misma, sino en cómo puede ser aplicada para ayudar a las personas, y en la capacidad para explicar a los accionistas y a otros grupos de interés lo que puede conseguirse con ella, de una manera que genere confianza.

Podemos preguntarnos si se reducirá sustancialmente el papel futuro de las personas en las empresas con grandes grupos de tareas efectuados por sistemas artificiales inteligentes. Nuestra opinión, al contrario, es que dicho papel será crítico, pues se ocuparán en labores decisivas, que no puedan ser efectuadas por esos sistemas, y colaborarán con ellos para incrementar la creación de valor. Además, la complejidad e incertidumbre progresivas en los sistemas económicos y en las empresas harán resaltar todavía más el papel de las personas, con sus capacidades, sus conocimientos y sus valores, base para actuar con éxito en entornos inciertos mediante la innovación.

Se ha discutido mucho acerca del efecto de todo ello sobre el empleo. Es indudable que la naturaleza del trabajo cambiará profundamente en todos los sectores de actividad, pero la cuantificación del efecto neto final es discutible.

Debe tenerse en cuenta que, junto a posibles pérdidas de empleo, también se están creando, y se crearán, muchos nuevos puestos de trabajo en áreas vinculadas precisamente a esta tecnología. Además, debe diferenciarse entre la sustitución en tareas concretas y la sustitución de puestos de trabajo. La sustitución simple de personas por sistemas artificiales inteligentes puede tener efectos no deseados que deben tenerse en cuenta si se quieren evitar decisiones erróneas de graves consecuencias.

Y, en último término, la decisión de prescindir de puestos de trabajo y despedir personas es una decisión empresarial responsable, tomada por personas, que en determinadas circunstancias puede ser necesaria, pero no puede ser adoptada a la ligera.

Por tanto, en lugar de planteamientos sobre cómo y cuándo la inteligencia artificial sustituirá a las personas en las empresas, la cuestión crítica es cómo personas y sistemas inteligentes pueden complementarse mutuamente para crear valor.

Así, entendemos que el talento de las personas será el más importante impulsor de competitividad, y la forma dominante de ventaja estratégica. Si ello es así, será necesario un nuevo modelo de gestión de personas, capaz de detectar nuevas necesidades de talento, y de diseñar estrategias para su gestión.

Por tanto, en nuestra opinión, las empresas cuyo único objetivo sea sustituir personas por inteligencias artificiales fracasarán y desaparecerán, antes o después, mientras que las que potencien la vinculación eficiente entre personas e inteligencia artificial ganarán la partida. En entornos complejos e inciertos, la inteligencia colectiva, unida a la inteligencia artificial, es la única garantía de supervivencia.

Si ya ahora es crítico el papel de las personas en la empresa, en el futuro lo será más todavía. Las empresas del futuro, para alcanzar la competitividad y el éxito de forma sostenible, deberán ser no menos, sino más humanas.

## Referencias

- Ab Rahman, A.; Hamid, U. Z. A.; Chin, T. A. (2017). Emerging Technologies with Disruptive Effects: A Review. *PERINTIS eJournal*, 7(2), 111-128.
- Acemoglu, D.; Johnson, S. (2023). What's Wrong with ChatGPT? *Project Syndicate*, Feb 6. <https://www.project-syndicate.org/commentary/chat-gpt-ai-big-tech-corporate-america-investing-in-eliminating-workers-by-daron-acemoglu-and-simon-johnson-2023-02>.
- Ahonen, G. Sveiby, K.-E. (2018). Persona, riqueza y valor. En López López, A.; Guimón Ros, J.; Salazar Elena, J. C.: *Innovación, capital intelectual y desarrollo económico. Ensayos en honor de Paloma Sánchez* (pp. 175-186). Madrid: Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid.
- Aguilar, R. (2023). “Pausen inmediatamente el entrenamiento”: Musk y más personalidades, preocupados por GPT-4. *Xataka*, 29 de marzo. <https://www.xataka.com/aplicaciones/pausen-inmediatamente-entrenamiento-musk-personalidades-preocupados-gpt-4>.
- Arntz, M.; Gregory, T.; Zierahn, U. (2016). The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, No. 189. Paris: OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>.
- Arrobasolutions (2023). ¿Qué es la IA generativa y cómo se puede aprovechar? Arrobasolutions, abril 10. <https://www.arrobasolutions.com/ia-generativa-como-aprovechar/>
- Basilio Ruiz de Apodaca, O. (2018). La gestión del conocimiento “humanizada” como clave para la supervivencia. En López López, A.; Guimón Ros, J.; Salazar Elena, J. C.: *Innovación, capital intelectual y desarrollo económico. Ensayos en honor de Paloma Sánchez* (pp. 175-186). Madrid: Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid.
- Biosca, P. (2018). Margaret Boden: «Los robots no nos van a superar porque no tienen deseos ni objetivos». *ABC*, 30/10/2018. <https://www.abc.es/ciencia/>

abci-robots-no-superar-porque-no-tienen-deseos-objetivos-201810270240\_noticia.html.

- BMI (2018). Eight Key Tech Trends: Ranking Future Impacts by Sector. *BMI View*, January 19. <https://www.bmiresearch.com/articles/eight-key-tech-trends-ranking-future-impacts-by-sector>. Acceso el 10/02/2018.
- Bongomin, O.; Ocen, G. G., Nganyi, E. O., Musinguzi, A. and Omara, T. (2020). Exponential disruptive technologies and the required skills of Industry 4.0. *Hindawi Journal of Engineering*, Vol. 2020, Art. ID 4280156, 1-17. doi: 10-1155/2020/4280156.
- Breque, M.; De Nul, L.; Petridis, A. (2021). Industry 5.0. Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. European Commission. Directorate-General for Research and Innovation. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi: 10.2777/308407
- Brunet-Thornton, R.; Martínez, F. (Eds.) (2018). *Analyzing the Impacts of Industry 4.0 in Modern Business Environments*. Hershey, PE: Business Science Reference.
- Burton, S. L. (2019). Grasping the cyber-world: artificial intelligence and human capital meet to inform leadership. *International Journal of Economics, Commerce and Management*, 7(12), 707-759.
- Choi, Y. (2021). A study of employee acceptance of artificial intelligence technology. *European Journal of Management and Business Economics*, 30(3), 318-330, doi: 10.1108/EJMBE-06-2020-0158.
- Chui, M.; Hall, B.; Mayhew, H.; Singla, A.; Sukharevsky, A. (2022c). The state of AI in 2022 - and a half decade in review. McKinsey & Company, December. <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai-in-2022-and-a-half-decade-in-review>.
- Chui, M.; Roberts, R.; Yee, L. (2022a). *McKinsey Technology Trends Outlook 2022*. McKinsey & Company, August. <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech>.



- Chui, M.; Roberts, R.; Yee, L. (2022b). Generative AI is here: How tools like ChatGPT could change your business. McKinsey & Company, December. <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/generative-ai-is-here-how-tools-like-chatgpt-could-change-your-business>.
- Das, A. C.; Gomes, M.; Patidar, I. L.; Phalin, G.; Sawhney, R.; Thomas, R. (2023). The next frontier of customer engagement: AI-enabled customer service. McKinsey & Company, March 27. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/the-next-frontier-of-customer-engagement-ai-enabled-customer-service>.
- Daugherty, P.; Wilson, J. (2018). *Humans + Machine. Reimagining work in the age of IA*. Boston, MA: Harvard Business Review Press.
- Frey, B.; Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114(C), 254-280.
- Froese, T.; Taguchi, S. (2019). The Problem of Meaning in AI and Robotics: Still with Us after All These Years. *Philosophies*, 4, 1-14, doi: 10.3390/philosophies4020014.
- Ford, M. (2015). *Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future*. New York, NY: Basic Books.
- Fundación Innovación Bankinter (2023). Quantum Computing e Inteligencia Artificial: la revolución silenciosa. *Future Trends Forum*, marzo. <https://www.fundacionbankinter.org/wp-content/uploads/2023/03/Informe-FTF-Tecnologias-cuanticas-y-IA-marzo23.pdf>.
- García, J. G. (2018). Acceso al talento. *Retina*, nº 2, febrero, 58.
- General Electric (2018): *GE Global Innovation Barometer 2018. Full Report*. General Electric y Edelman Intelligence, february. [https://s3.amazonaws.com/dsg.files.app.content.prod/gereports/wp-content/uploads/2018/02/12141110/GE\\_Global\\_Innovation\\_Barometer\\_2018-Full\\_Report.pdf](https://s3.amazonaws.com/dsg.files.app.content.prod/gereports/wp-content/uploads/2018/02/12141110/GE_Global_Innovation_Barometer_2018-Full_Report.pdf).

- General Electric (2020): *GE Global Innovation Barometer 2020. Global Executive Report*. General Electric y Edelman Intelligence, september. [https://www.ge.com/sites/default/files/GE\\_Global\\_Innovation\\_Barometer\\_2020-Report.pdf](https://www.ge.com/sites/default/files/GE_Global_Innovation_Barometer_2020-Report.pdf).
- Gil-Aluja, J. (2015). Algunas reflexiones sobre el futuro de la investigación económica. *Anales del Curso Académico 2014-2015* (pp. 67-82). Barcelona: Publicaciones de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.
- Gil-Aluja, J. (2020). De la razón artificial a la inteligencia artificial. *Encuentros Multidisciplinares*, 64, enero-abril, 1-10. [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/690913/EM\\_64\\_8.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/690913/EM_64_8.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Gil-Aluja, J. (2021). Humanismo Económico. En Gil-Lafuente, A. M. (Coord.): *Ciencia y Actividad Económica: Propuestas y Realidades (Trabajos correspondientes al I Ciclo de Conferencias Internas)* (pp. 23-60). Barcelona: Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.
- Gil-Aluja, J., Terceño-Gómez, A., Ferrer Comalat, J.C., Merigó-Lindahl, J.M. and Linares Mustaros, S. (Eds.) (2015). *Scientific Methods for the Treatment of Uncertainty in Social Sciences*. Cham, Switzerland: Springer.
- Gil-Lafuente, A. M. (Coord.). (2019). *Un ensayo humanista para la formalización económica. Bases y aplicaciones*. Barcelona: Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.
- Gil-Lafuente, A. M. (Coord.). (2020). *Los confines de la equidad y desigualdad en la prosperidad compartida*. Barcelona: Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.
- Gray, B. and Purdy, J. M. (2018). *Collaborating for Our Future: Confronting Complex Problems through Multi-Stakeholder Partnerships*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Gubert, J. D. (2018). Comunicación digital e inteligencia artificial, nuevas áreas del poder económico mundial: potencial y limitaciones. En: VV. AA.: *Las Nuevas Áreas del Poder Económico Mundial / The New Areas of Eco-*

- nomie Global Power* (pp. 199-224). Barcelona: Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.
- Hatzius, J.; Briggs, J.; Kodnani, D.; Pierdomenico, G. (2023): The Potentially Large Effects of Artificial Intelligence on Economic Growth. Goldman Sachs Economics Research, 26 March. [https://www.ansa.it/documents/1680080409454\\_ert.pdf](https://www.ansa.it/documents/1680080409454_ert.pdf).
- Hawksworth, J.; Berriman, R.; Goel, S. (2018). *Will robots really steal our jobs? An international analysis of the potential long term impact of automation*. PwC. <https://www.pwc.co.uk/economic-services/assets/international-impact-of-automation-feb-2018.pdf>.
- Hiran, K. K.; Hemachandran; K.; Pise; A.; Rabi; B. J. (Eds.) (2023). *Handbook of Research on AI and Knowledge Engineering for Real-Time Business Intelligence*. Hershey, PE: IGI Global.
- Innerarity, D. (2023). El sueño de la máquina creativa. *El Correo*, 05/02/2023, p. 37. <https://www.elcorreo.com/opinion/tribunas/sueno-maquina-creativa-20230205193730-nt.html>
- Kaplan, A. (2021) Artificial, Intelligence, Marketing, and the Fourth Industrial Revolution: Criteria, Concerns, Cases. En Christiansen, B. y Škrinjarić, T.: *Handbook of Research on Applied AI for International Business and Marketing Applications* (1-13). Hershey, PE: IGI Global.
- Kejriwal, M.; Knoblock, C. A.; Szekely, P. (2021). *Knowledge Graphs: Fundamentals, Techniques, and Applications (Adaptive Computation and Machine Learning series)*. Boston, MA: The MIT Press.
- Kelly, S.; Kaye, S.-A.; Oviedo-Trespalacios, O. (2023). What factors contribute to the acceptance of artificial intelligence? A systematic review. *Teleatics and Informatics*, 77, 101925, 1-33, doi:10.1016/j.tele.2022.101925.
- Kondratenko, Y. (2023). *Increasing Role of Artificial Intelligence in Human Activity: Development, Implementation, and Perspectives. Discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras*. Barcelona: Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.

- Kraaijenbrink, J: (2022). Qué es la Industria 5.0 y cómo cambiará las empresas. *Forbes*, 16 de junio. <https://forbes.es/empresas/167359/que-es-la-industria-5-0-y-como-cambiara-las-empresas/>
- Lasi, H.; Kemper, H.-G.; Fettke, P.; Feld, T.; Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 4 (6), 239-242.
- López de Mántaras, R. (2018). Máquinas listas, pero sin sentido común. *EL PAÍS - Ideas*, 18/03/2018, 4.
- López González, E. (2018). *Hic sunt leones: el futuro del dinero. De la digitalización a la tokenización de la economía. Discurso de ingreso como Académico Correspondiente en la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras*. Barcelona: Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.
- López González, E. (2020). *El Argocapitalismo en la era del acercamiento digital. Discurso de ingreso como Académico de Número en la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras*. Barcelona: Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.
- López González, E. (2023). Humanismo tecnológico y supremacía de la Inteligencia Artificial Cuántica. Ponencia en el *Encuentro Nacional 2023 Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras - Universidad de Salamanca*. Salamanca, 15 de marzo de 2023.
- Malone, T. W. (2018). *Superminds: The Surprising Power of People and Computers Thinking Together*. New York, NY: Little, Brown and Company.
- Manyika, J.; Chui, M.; Miremadi, M.; Bughin, J.; George, K.; Willmott, P.; Dewhurst, M. (2017). *A future that works: Automation, employment, and productivity*. San Francisco, CA: McKinsey Global Institute.
- Martins, A.; Martins, I.; Petiz-Pereira, O. (2018). Learning-Performance Relationship: A New Holistic, Dynamic, and Strategic Organizational Approach. En Dall'Acqua, L.; Lukose, D. (Eds.): *Improving Business Performance through Effective Managerial Training Initiatives* (pp. 46-68). Hershey, PE: Business Science Reference.

- Maturana, R. A.; Rayón, A. (2023). Qué es, qué no y qué puede ser la inteligencia artificial. *El Correo*, 16 de abril, p. 33.
- McKinsey (2023a). What is generative AI? McKinsey & Company, January 19. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-generative-ai>.
- McKinsey (2023b). What is AI? McKinsey & Company, April 19. <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/mckinsey%20explainers/what%20is%20ai/what-is-ai.pdf>.
- Morabito, C. F. (2018). Artificial Intelligence and Economic Growth. En: VV. AA.: *Las Nuevas Áreas del Poder Económico Mundial / The New Areas of Economic Global Power* (pp. 177-186). Barcelona: Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.
- Morozov, E. (2023). Ni es inteligente ni es artificial: esa etiqueta es una herencia de la Guerra Fría. *El País - Ideas*, 3 de abril. <https://elpais.com/ideas/2023-04-03/ni-es-inteligente-ni-es-artificial-esa-etiqueta-es-una-herencia-de-la-guerra-fria.html>.
- Nagy, S.; Hadjú, N. (2021). Consumer Acceptance of the Use of Artificial Intelligence in Online Shopping: Evidence from Hungary. *Amfiteatru Economic*, 23(56), 155-173, doi: 10.24818/EA/2021/56/155.
- Naim, M. (2018). ¿Va usted a perder su trabajo? *El País*, 30/09/2018. [https://elpais.com/elpais/2018/09/29/opinion/1538233267\\_795063.html](https://elpais.com/elpais/2018/09/29/opinion/1538233267_795063.html).
- Orsag, S.; Mikerević, D.; Dedi, L. (2021). Finance in the World of Artificial Intelligence and Digitalization. En Christiansen, B. y Škrinjarić, T.: *Handbook of Research on Applied AI for International Business and Marketing Applications* (pp. 153-172). Hershey, PE: IGI Global.
- Rahman, M.M. (2021). Should I Be Scared of Artificial Intelligence? *Academia Letters*, Article 2536. <https://doi.org/10.20935/AL2536>.
- Rao, A. S.; Verweij, G. (2017). *Sizing the prize. What's the real value of AI for your business and how can you capitalise?* PwC. En: <https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf>.n. Acceso el 29/03/2018.

- Rayón, A (2023). El nuevo diálogo humano-máquina. *El CORREO*, 26/02/2023, p. 35. <https://www.elcorreo.com/opinion/alex-rayon-nuevo-dialogo-humanomaquina-20230226003324-ntrc.html>.
- Roberts, I.; Watumull, J.; Chomsky, N. (2023). The False Promise of ChatGPT. *The New York Times*, March 9. <https://www.almendron.com/tribunal/the-false-promise-of-chatgpt/>.
- Rodríguez-Castellanos, A. (2015). *Las personas, fuente de innovación y de creación de valor en la empresa*. Barcelona: Publicaciones de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.
- Rodríguez-Castellanos, A. (2018). La cuarta revolución industrial en las empresas: organización y personas. En Poch Torres, R. (Coord.): *Las ciencias económicas y financieras ante una sociedad en transformación* (pp. 27-60). Barcelona: Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.
- Rodríguez-Castellanos, A. (2019). Hacia un nuevo humanismo empresarial: organización y personas. En Gil-Lafuente, A. M. (Coord.): *Un ensayo humanista para la formalización económica. Bases y aplicaciones* (pp. 201-264). Barcelona: Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.
- Rodríguez-Castellanos, A., de-Goñi Oslé, J. M. and Delgado-Guzmán, J. A. (2018). Revolución y globalización tecnológicas, gestión y personas. En VV.AA.: *XXVII Congreso Internacional de AEDEM. Local Entrepreneurship and Globalisation - Antreprenoriatul local și globalizarea* (pp. 818-842). Madrid: European Academic Publisher (Publicación online).
- Rodríguez-Castellanos, A., de-Goñi-Oslé, J. M. and Delgado-Guzmán, J. A. (2019). Complejidad, Personas y Organización: ¿Hacia un Nuevo Humanismo? En: Murata, K. y Arias-Oliva, M. (Coords.): *XXVIII Congreso Internacional de AEDEM - 2019 AEDEM International Conference. Management in a Smart Society: Business and Technological Challenges* (pp. 629-650). Madrid: European Academic Publisher (Publicación online).
- Roos, G.; Kerr, F. (2019). Choosing between Humans and AI in structuring the organisation for the emerging digital value creating paradigm. *B+I Strategy*, No. 0000008, Junio, 27-33.

- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution. What it means, how to respond*. Geneva (Switz.): World Economic Forum.
- Schwarz, M.-J. (2018). El debate de la inteligencia artificial. *El Correo - Territorios*, 14.07.18, p. 10.
- Singh, S. (2022). *Adoption and Implementation of AI in Customer Relationship Management*. Hershey, PE: IGI Global.
- Skilton, M.; Hovsepián, F. (2018). *The 4th Industrial Revolution. Responding to the Impact of Artificial Intelligence on Business*. Cham (Switz.): Palgrave Macmillan.
- Smith, P. A. C.; Pourdehnad, J. (2018). *Organizational Leadership for the Fourth Industrial Revolution: Emerging Research and Opportunities*. Hershey, PE: IGI Global.
- Sucasas, Á. (2018). Adiós, Inteligencia Artificial. Hola, equipo persona-máquina. *Retina*, nº 2, febrero, 70-75.
- The Economist (2023a). Big tech and the pursuit of AI dominance. *The Economist*, March 26. <https://www.economist.com/business/2023/03/26/big-tech-and-the-pursuit-of-ai-dominance>.
- The Economist (2023b). Large, creative AI models will transform lives and labour markets. *The Economist*, April 22. <https://www.economist.com/interactive/science-and-technology/2023/04/22/large-creative-ai-models-will-transform-how-we-live-and-work>.
- Torres-Franco, M: (2021). Artificial Intelligence and Supply Chain Management Application, Development, and Forecast. En Christiansen, B. y Škrinjarić, T.: *Handbook of Research on Applied AI for International Business and Marketing Applications* (207-226). Hershey, PE: IGI Global.
- Torres-Silva, H. (2017). Una revisión sobre los metamateriales. *DYNA New Technologies*, 4(1), 9 p., doi: <http://dx.doi.org/10.6036/NT8331>
- Velthuisen, J. W., Van Tol, W., and Hagen, A. (2017). *Human value in the digital age*. PwC, December. <https://www.pwc.nl/nl/assets/documents/pwc-human-value-in-the-digital-age.pdf>.

- World Economic Forum (2015). *Deep Shift. Technology Tipping Points and Societal Impact*. Geneva (Switz.): World Economic Forum.
- World Economic Forum (2016). *The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. Geneva (Switz.): World Economic Forum.
- Wright, P. M.; Nyberg, A. J.; Ployhart, R. E. (2018). A research Revolution in SHRM: New Challenges and New Directions. En Buckley, M. R.; Weeler, A. R. Halbesleben, J. R. B. (Eds.): *Research in Personnel and Human Resources Management*. Vol. 36, 141-161.
- Yudkowsky, E. (2023). Pausing AI Developments Isn't Enough. We Need to Shut it All Down. *Time*, March 29. <https://time.com/6266923/ai-eliezer-yudkowsky-open-letter-not-enough/>
- Zhang, D.; Maslej, N.; Brynjolfsson, E.; Etchemendy, J.; Lyons, T.; Manyika, J.; Ngo, H.; Niebles, J. C.; Sellitto, M.; Sakhaee, E.; Shoham, Y.; Clark, J.; Perrault, R. (2022). *The AI Index 2022 Annual Report*. AI Index Steering Committee, Stanford Institute for Human-Centered AI, Stanford University. [https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2022/03/2022-AI-Index-Report\\_Master.pdf](https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2022/03/2022-AI-Index-Report_Master.pdf).





# CLAUSURA ACTO ACADÉMICO



# EN LA BÚSQUEDA DE UNA ARMONÍA ENTRE INTELIGENCIAS

## Conferencia de clausura

Dr. Jaime Gil Aluja

*Presidente de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras*

El Seminario de Serbia toca a su fin. Y lo hace en plenitud de realidades y esperanzas, después de un planteamiento inicial repleto de interrogantes.

Serbios y españoles, junto a una representación de académicos foráneos que han unido sus esfuerzos a los nuestros, hemos podido abrir vías para dar respuestas, totales o parciales, a algunos de ellos. Otros tendrán que esperar, ..., creemos que **no durante mucho tiempo**.

Y así lo creemos por dos motivos que en nuestras ponencias han sido anunciados sin reservas: porque la nueva vía que la escuela del pensamiento económico conocida como **Escuela de Economía Humanista de Barcelona** se está llenando de contenidos sólidos con mayor rapidez de lo imaginado inicialmente y porque el progreso de la **Inteligencia Artificial** se está acelerando cada vez con un ritmo superior.

Aun cuando podríamos creer innecesario insistir, por obvio, que ambos motivos no son independientes entre sí, sino que existen incidencias positivas cruzadas entre uno y otro, vale la pena realizar esta simple reflexión a efectos posteriores, dirigidos a la obtención de caminos de investigación óptimos para alcanzar los objetivos marcados, sea a través de trayectorias directas o inducidas.

Veamos, a tenor de cuanto se ha planteado a lo largo de estas sesiones que ahora finalizan, los avances habidos en la formalización de la fenomenología

de las realidades de nuestros días, cuya complejidad e incertidumbre van aumentando en volumen y en intensidad.

Los ponentes nos han convencido que el cambio epistemológico que ha significado la incorporación de la **subjetividad numerizada** en la ciencia económica ha sido la mayor revolución del último siglo, después de que lo fuera el marginalismo a finales del Siglo XIX, cuando lo puso en valor la **Escuela de Viena**.

Hay que destacar, además, el gran avance que supuso la introducción de los “fuzzy sets” (conjuntos difusos o borrosos) como definidores de objetos físicos y mentales. La capacidad descriptora resultó, entonces, mucho más rica, al poder utilizar un número finito, tan elevado como fuera necesario, de criterios para la descripción. Y esta característica se añade a la posibilidad de incluir, entre estos criterios, los de naturaleza humana y social que, por su subjetividad, precisan nuevos operadores de los que ya disponemos una buena muestra.

Siendo mucho el avance en la formalización del funcionamiento de los sistemas económicos, mucho más lo ha sido el progreso de la Inteligencia Artificial.

La primera muestra que ha merecido la atención ha sido el **cambio de objetivo** de la “máquina”, desde la **solución individualizada** (una máquina para cada problema) a la **solución generalizada** (una máquina para todos los problemas, solo cambiando el software para pasar de uno a otro). En este aspecto el teléfono móvil mereció la mayor atención. En esta primavera ocupa el podio de la popularidad el Chat GPT, entre otros motivos por su utilización en la realización de los exámenes escolares.

Pero de una manera u otra, se hizo patente la inevitable comparación entre la inteligencia natural humana y la inteligencia artificial de la máquina.

Pues bien, a nuestro entender, para una comparación rigurosa entre ambas se deberían determinar en primer lugar y previo a cualquier juicio de valor, el **conjunto de criterios** que definen la **inteligencia**, estableciendo entre ellos una ordenación según el grado o nivel de importancia, para después realizar una asignación numérica según su peso, es decir, fijar un coeficiente a modo de ponderación convexa (valores del intervalo de confianza  $[0, 1]$  cuya suma sea la unidad).

Por mucho que se quiera reducir la cantidad de criterios siempre habrá por lo menos uno de carácter objetivo y uno de carácter subjetivo. La matemática para la realización de operaciones deberá ser necesariamente apta para tratar la subjetividad. También disponemos de una matemática apta para ello.

Si damos por resuelta esta fase o etapa, podremos, siempre provisionalmente, realizar una cierta comparación entre ambas inteligencias: la natural humana y la artificial de la máquina. Y ello aun a sabiendas que el resultado siempre será provisional y subjetivo. Lo único que nos atrevemos a decir es que la una y la otra son, por ahora, **imperfectas**.

Podemos continuar, sí, pero ¿no valdría la pena que, en lugar de realizar estériles comparaciones, uniéramos nuestros esfuerzos para aunar las dos inteligencias y hacerlas **complementarias** en lugar de empeñarnos en considerarlas **sustitutivas**?

He aquí un nuevo reto que, para alcanzarlo hará falta un paulatino **proceso de adaptación** para la inteligencia natural humana, dando por hecha la mayor celeridad en la inteligencia artificial de la máquina. A nuestro entender la “armonización” entre ambas no se producirá por si misma, sino que hará falta una intervención externa: la nuestra. Ya tenemos la costumbre de hacerlo así, dado que somos conocedores de que, cuando la máquina se pone en marcha su “velocidad de crucero” es infinitamente mayor que la del humano.

La receta para minorar esta desventaja para el humano es conocida por quienes siguen nuestros trabajos: “anticiparse” a los acontecimientos antes de tener que “reparar” los daños por ellos causados.

Una reflexión traída por el viento de nuestro relato, quizás demasiado dirigido a la solución de problemas materiales, haya colocado, sin quererlo, a las dos grandes inteligencias, la humana y la artificial, frente a problemas en el día a día, y que constituyen un obstáculo inmediato para avanzar hacia objetivos palpables.

Pero existen otros, de naturaleza estrictamente formal que deben merecer, al científico consecuente, la misma atención, porque muchas veces, muchísimas veces al resolver el formal se abren ventanas para dar solución a **otros materiales**. La utilización de la teoría de los efectos olvidados nos proporciona numerosos ejemplos.

Solo hemos deseado subrayar que la armonización entre la Inteligencia Humana y la Inteligencia Artificial nos puede mejorar la Inteligencias conjunta, también para acordar conceptos **altamente formales**.

Permítanme que, por su naturaleza escojamos, a título representativo, uno de ellos que se ha cruzado en nuestras tareas investigadoras en algunas ocasiones al recurrir, para representar y tratar relaciones complejas, a la **teoría de grafos**. Hacemos referencia a las **conjeturas matemáticas**, es decir, aquellas proposiciones que se **suponen** ciertas, pero que no se han podido **ni confirmar ni refutar**.

Entre las más conocidas tomaremos como referencia la llamada durante más de tres siglos **Conjetura de Fermat**<sup>1</sup>: “no existen tres números enteros y positivos que puedan satisfacer la ecuación  $a^n + b^n = c^n$  para un valor de  $n$  superior a 2”. Hoy es conocida como **el último teorema de Fermat**, después de haber sido confirmada en 1994 y publicada en 1995 por Andrew Willes

---

<sup>1</sup> Pierre de Fermat (1601-1665), fue un reputado matemático francés.

(Nacido en 1953) lo que le valió la obtención del Premio Abel, considerado como el Nobel de las matemáticas.

Para ciertos “espíritus prácticos”, este tipo de investigaciones son consideradas como un **divertimento**. No lo podemos negar ni afirmar, pero sí podemos decir que siempre y en cualquier circunstancia tienen lugar puntos de arranque hacia el éxito, cuando no nos limitamos a las incidencias directas y continuamos nuestras búsquedas en las de segundo orden y órdenes superiores.

Es cierto que parece un divertimento otra conocida conjetura: **Entre cero e infinito solo un número, el 26**, está “atrapado” entre un cubo y un cuadrado, es decir, ningún otro número entero que el 26 cumple:

$$x^2 + 1 = z = y^3 - 1$$

$$5^2 = 25 < 26 < 27 = 3^3$$

Bien, ¿qué inconveniente existe en divertirnos explorando curiosidades que permiten encontrar **senderos** que conectan **autopistas** hacia el avance de la gestión económica y financiera?

Reiteramos, una vez más: disponemos, ahora, en el Siglo XXI, de “máquinas prodigiosas”, de unas técnicas económicas capaces de ahondar en el cerebro humano y en el de la máquina como nunca se habían conocido. ¿No parece posible que una armonización de inteligencias entre ambas consiga **un mayor progreso compartido**?

No nos vamos de Serbia con las manos vacías, con añoranza nos despedimos con las maletas llenas de ilusiones y esperanzas.

Gracias, muchas gracias.










*Real Academia  
de Ciencias Económicas y Financieras*















PUBLICACIONES DE LA REAL ACADEMIA  
DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS





\*Las publicaciones señaladas con el símbolo  están disponibles en formato PDF en nuestra página web:  
<https://racef.es/es/publicaciones>

\*\*\*Las publicaciones señaladas con el símbolo  o  están disponibles en nuestros respectivos canales de Youtube y Vimeo












































## PUBLICACIONES DEL OBSERVATORIO DE INVESTIGACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA




































- M-24/11 *Nuevos mercados para la recuperación económica: Azerbaiyán.*  
- M-30/12 *Explorando nuevos mercados: Ucrania, 2012. (Incluye DVD con textos en ucraniano), 2012.*
- M-38/15 *Desarrollo de estrategias para la cooperación económica sostenible entre España y México, 2015.* 
- M-41/16 *Cuba a la luz de la Nueva Ley de Inversiones Extranjeras: Retos y oportunidades para la economía catalana, (Estudio elaborado por el Observatorio de Investigación Económico- Financiera), 2016.*   
- MO-47/16 *Colombia: la oportunidad de la paz. Estudio sectorial para la inversión de empresas españolas en el proceso de reconciliación nacional (Estudio del Observatorio de Investigación Económico-Financiera de la RACEF).* 
- MO-50/17 *La gestión y toma de decisiones en el sistema empresarial cubano. Gil-Lafuente, Ana Maria; García Rondón, Irene; Souto Anido, Lourdes; Blanco Campins, Blanca Emilia; Ortiz, Torre Maritza; Zamora Molina, Thais.* 
- MO-52/18 *Efectos de la irrupción y desarrollo de la economía colaborativa en la sociedad española. Gil-Lafuente, Ana Maria; Amiguet Molina, Lluís; Boria Reverter, Sefa; Luis Bassa, Carolina; Torres Martínez, Agustín; Vizuet Luciano, Emilio.* 
- MO-53/19 *Índice de equidad de género de las comunidades autónomas de España: Un análisis multidimensional. Gil-Lafuente, Ana Maria; Torres Martínez, Agustín; Boria Reverter, Sefa; Amiguet Molina, Lluís.* 
- MO-54/19 *Sistemas de innovación en Latinoamérica: Una mirada compartida desde México, Colombia y Chile. Gil-Lafuente, Ana M.; Alfaro-García, Víctor G.; Alfaro-Calderón, Gerardo G.; Zaragoza-Ibarra, Artemisa; Gómez-Monge, Rodrigo; Solís-Navarrete, José A.; Ramírez-Triana, Carlos A.; Pineda-Escobar, María A.; Rincón-Ariza, Gabriela; Cano-Niño, Mauricio A.; Mora-Pardo, Sergio A.; Nicolás, Carolina; Gutiérrez, Alexis; Rojas, Julio; Urrutia, Angélica; Valenzuela, Leslier; Merigó, José M.* 
- MO-56/19 *Kazakhstan: An Alliance or civilizations for a global challenge. Ministry of National Economy of the Republic of Kazakhstan – Institute of Economic Research; Royal Academy of Economic and Financial Sciences of Spain.* 
- MO-60/19 *Medición de las capacidades de innovación en tres sectores primarios en Colombia. Efectos olvidados de las capacidades de innovación de la quínoa, la guayaba y apícola en Boyacá y Santander. Blanco-Mesa, Fabio; León-Castro, Ernesto; Velázquez-Cázares, Marlenne; Cifuentes-Valenzuela, Jorge; Sánchez-Ovalle, Vivian Ginneth.* 
- MO-61/19 *El proceso demográfico en España: análisis, evolución y sostenibilidad. Gil-Lafuente, Ana M.; Torres-Martínez, Agustín; Guzmán-Pedraza, Tulia Carolina; Boria-Reverter, Sefa.* 

- MO-64/20 *Capacidades de Innovación Ligera en Iberoamérica: Impliaciones, desafíos y sinergias sectoriales hacia el desarrollo económico multilateral.* Alfaro-García, VG.; Alfaro-Calderón, GG.; García-Orozco, D.; Zaragoza-Ibarra, A.; Boria-Reverter, S.; Gómez-Monge, R.
- MO-65/20 *El adulto mayor en España: Los desafíos de la sociedad ante el envejecimiento.* Gil-Lafuente, Ana M.; Torres-Martínez, Agustín; Guzmán-Pedraza, Tulia Carolina; Boria-Reverter, Sefa. 
- MO-68/21 *Public policy to handle aging: the seniors' residences challenge / Políticas para la gestión pública del envejecimiento: el desafío de las residencias para personas mayores.* Kydland, F.; Kydland, T.; Valero Herмосilla, J. y Gil-Lafuente, Ana M.  
- MO-70/21 *Ecología y tecnología para una nueva economía poscovid-19.* Ana María Gil-Lafuente, Agustín Torres-Martínez, Tulia Carolina Guzmán-Pedraza, Sefa Boria-Reverter.
- MO-80/23 *Cómo envejecemos los españoles: Enfermedades prevalentes y morbilidad en nuestra senectud.* Ana María Gil-Lafuente, , Sefa Boria-Reverter, Lourdes Souto Anido, Emilio Vizuet Luciano, Jaime Gil Lafuente.  
- MO-82/23 *Sostenibilidad Urbanística y Vivienda.* Aline Castro-Rezende, Ana María Gil-Lafuente, Lluís Amiguet Molina, Luciano Barcellos-Paula, Sander Laudy.  
- MO-83/23 *Innovación Tecnológica, modelos Computacionales y Sostenibilidad en Iberoamérica.* Dirección Ana Maria Gil-Lafuente. **Autores:** **Argentina:** Lucila Lazzari, Luisa; Fernández, María José; Parma, Andrea; Landolfi, Bettina; Goyheix, Daniela; Douelle, Matías; **Brasil:** Valotto Patuzzo, Genilson; França Naves, Thiago; Ono Fonseca, Keiko Verônica; Teresinha Beuren, Arlete; Reitz Cardoso, Flávia Aparecida; Delisandra Feltrim, Valéria; **Chile:** Olazabal-Lugo, Maricruz; Espinoza-Audelo, Luis Fernando; Perez-Arellano, Luis A.; Huesca-Gastelum, Martin I.; Delgadillo-Aguirre, Alicia; Leon-Castro, Ernesto; **Colombia:** Blanco-Mesa, Fabio; Abril-Teatin, Jheisson; **Cuba:** Souto Anido, Lourdes; Imbernó Díaz, Ana Laura; **Ecuador:** Pilar Tamayo Herrera, Aracely; Tapia, Freddy; **España:** Gil-Lafuente, Ana Maria; Boria-Reverter, Sefa; Torres Vergara, Carlos; **México:** García-Orozco, Dalia; Merino Arteaga, Ileri Patricia; Alfaro-García, Víctor G.; **Perú:** Barcellos de Paula, Luciano; **Portugal:** Castro Rezende, Aline. 
- MO-84/24 *Crecimiento sostenible en España: Los retos del pacto mundial.* Ana Maria Gil-Lafuente, Josefa Boria Reverter, Darley Biviana Pacheco Cubillos. 

## OTRAS PUBLICACIONES Y COEDICIONES DE LA REAL ACADEMIA

- M-1/03 *De Computis et Scripturis (Estudios en Homenaje al Excmo. Sr. Dr. Don Mario Pifarré Riera)*, 2003. 
- M-2/04 *Sesión Académica de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras en la Académie du Royaume du Maroc (Publicación del Solemne Acto Académico en Rabat el 28 de mayo de 2004)*, 2004.  
- M-3/05 *Una Constitución para Europa, estudios y debates (Publicación del Solemne Acto Académico del 10 de febrero de 2005, sobre el “Tratado por el que se establece una Constitución para Europa”)*, 2005. 
- M-4/05 *Pensar Europa (Publicación del Solemne Acto Académico celebrado en Santiago de Compostela, el 27 de mayo de 2005)*, 2005.
- M-5/06 *El futuro de las relaciones euromediterráneas (Publicación de la Solemne Sesión Académica de la R.A.C.E.F. y la Universidad de Túnez el 18 de marzo de 2006)*, 2006. 
- M-6/06 *Veinte años de España en la integración europea (Publicación con motivo del vigésimo aniversario de la incorporación de España en la Unión Europea)*, 2006. 
- M-7/07 *La ciencia y la cultura en la Europa mediterránea (I Encuentro Italo-Español de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras y la Accademia Nazionale dei Lincei)*, 2007.  
- M-8/07 *La responsabilidad social de la empresa (RSE). Propuesta para una nueva economía de la empresa responsable y sostenible*, 2007. 
- M-9/08 *El nuevo contexto económico-financiero en la actividad cultural y científica mediterránea (Sesión Académica internacional en Santiago de Compostela)*, 2008. 
- M-10/08 *Pluralidad y unidad en el pensamiento social, técnico y económico europeo (Sesión Académica conjunta con la Polish Academy of Sciences)*, 2008.  
- M-11/08 *Aportación de la ciencia y la cultura mediterránea al progreso humano y social (Sesión Académica celebrada en Barcelona el 27 de noviembre de 2008)*, 2009. 
- M-12/09 *La crisis: riesgos y oportunidades para el Espacio Atlántico (Sesión Académica en Bilbao)*, 2009. 
- M-13/09 *El futuro del Mediterráneo (Sesión Académica conjunta entre la Montenegrin Academy of Sciences and Arts y la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras, celebrada en Montenegro el 18 de mayo de 2009)*, 2009.  
- M-14/09 *Globalisation and Governance (Coloquio Internacional entre la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras y el Franco-Australian Centre for International Research in Management Science (FACIREM), celebrado en Barcelona los días 10-12 de noviembre de 2009)*, 2009. 
- M-15/09 *Economics, Management and Optimization in Sports. After the Impact of the Financial Crisis (Seminario Internacional celebrado en Barcelona los días 1-3 de diciembre de 2009)*, 2009.  

- M-16/10 *Medición y Evaluación de la Responsabilidad Social de la Empresa (RSE) en las Empresas del Ibex 35*, 2010. 
- M-17/10 *Desafío planetario: desarrollo sostenible y nuevas responsabilidades (Solemne Sesión Académica conjunta entre l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique y la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras de España, en Bruselas el día 8 de Junio de 2010)*, 2010.  
- M-18/10 *Seminario analítico sobre la casuística actual del derecho concursal (Sesión Académica celebrada el 4 de junio de 2010)*, 2010. 
- M-19/10 *Marketing, Finanzas y Gestión del Deporte (Sesión Académica celebrada en la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras en diciembre de 2009)*, 2010.  
- M-20/10 *Optimal Strategies in Sports Economics and Management (Libro publicado por la Editorial Springer y la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras)*, 2010
- M-21/10 *El encuentro de las naciones a través de la cultura y la ciencia (Solemne Sesión Académica conjunta entre la Royal Scientific Society de Jordania y la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras de España, en Amman el día 8 de noviembre de 2010)*, 2010.  
- M-21B/10 *Computational Intelligence in Business and Economics (Proceedings de MS'10 International Conference celebrada en Barcelona los días 15-17 de julio de 2010)*. Edición de World Scientific, 2010.
- M-22/11 *Creación de valor y responsabilidad social de la empresa (RSE) en las empresas del IBEX 35*, 2011. 
- M-23/11 *Incidencia de las relaciones económicas en la recuperación económica del área mediterránea (VI Acto Internacional celebrado en Barcelona el 24 de febrero de 2011), (Incluye DVD con resúmenes y entrevistas de los ponentes)* 2011.  
- M-25/11 *El papel del mundo académico en la sociedad del futuro (Solemne Sesión Académica en Banja Luka celebrada el 16 de mayo de 2011)*, 2011.  
- M25B/11 *Globalisation, governance and ethics: new managerial and economic insights (Edición Nova Science Publishers)*, 2011.
- M-26/12 *Decidir hoy para crear el futuro del Mediterráneo (VII acto internacional celebrado el 24 de noviembre de 2011)*, 2012.  
- M-27/12 *El ciclo real vs. el ciclo financiero un analisis comparativo para el caso español. Seminario sobre política anticíclica*, 2012.  
- M-28/12 *Gobernando las economías europeas. La crisis financiera y sus retos. (Solemne Sesión Académica en Helsinki celebrada el 9 de febrero de 2012)*, 2012.  
- M-29/12 *Pasado y futuro del área mediterránea: consideraciones sociales y económicas (Solemne Sesión Académica en Bejaia celebrada el 26 de abril de 2012)*, 2012. 
- M-31/13 *Why austerity does not work: policies for equitable and sustainable growth in Spain and Europe (Conferencia del académico correspondiente para Estados Unidos, Excmo. Sr. Dr. D. Joseph E. Stiglitz, Pronunciada en Barcelona en diciembre de 2012)*, 2013.   

- M-32/13 *Aspectos micro y macroeconómicos para sistemas sociales en transformación (Solemne Sesión Académica en Andorra celebrada el 19 de abril de 2013)*, 2013.   
- M-33/13 *La unión europea más allá de la crisis (Solemne Sesión Académica en Suiza celebrada el 6 de junio de 2013)*, 2013.   
- M-33B/13 *Decision Making Sytems in Business Administration (Proceedings de MS'12 International Conference celebrada en Río de Janeiro los días 10-13 de diciembre de 2012)*. Edición de World Scientific, 2013.
- M-34/14 *Efectos de la evolución de la inversión pública en Educación Superior. Un estudio del caso español y comparado (Trabajo presentado por la Sección Primera de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras)*, 2014. 
- M-35/14 *Mirando el futuro de la investigación científica (Solemne Acto Académico Conjunto celebrado en Bakú el 30 de mayo de 2014)*, 2014.  
- M-36/14 *Decision Making and Knowledge Decision Support Systems (VIII International Conference de la RACEF celebrada en Barcelona e International Conference MS 2013 celebrada en Chania Creta. Noviembre de 2013)*. Edición a cargo de Springer, 2014.  
- M-37/14 *Revolución, evolución e involución en el futuro de los sistemas sociales (IX Acto internacional celebrado el 11 de noviembre de 2014)*, 2014.  
- M-39/15 *Nuevos horizontes científicos ante la incertidumbre de los escenarios futuros (Solemne Acto Académico Conjunto celebrado en Cuba el 5 de mayo de 2015)*, 2015.  
- M-40/15 *Ciencia y realidades económicas: reto del mundo post-crisis a la actividad investigadora (X Acto Internacional celebrado el 18 de noviembre de 2015)*, 2015.   
- ME-42/16 *Vivir juntos (Trabajo presentado por la Sección Tercera de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras)*, 2016. 
- MS-43/16 *¿Hacia dónde va la ciencia económica? (Solemne Acto Académico Conjunto con la Universidad Estatal de Bielorrusia, celebrado en Minsk el 16 de mayo de 2016)*, 2016.   
- MS-44/16 *Perspectivas económicas frente al cambio social, financiero y empresarial (Solemne Acto Académico Conjunto con la Universidad de la Rioja y la Fundación San Millán de la Cogolla, celebrado en La Rioja el 14 de octubre de 2016)*, 2016.   
- MS-45/16 *El Comportamiento de los actores económicos ante el reto del futuro (XI Acto Internacional de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras, celebrado en Barcelona el 10 de noviembre de 2016)*, 2016.   
- MS-46/17 *El agua en el mundo-El mundo del agua/ Water in the world- The World of Water (Nueva Edición Bilingüe Español-Inglés del Estudio a cargo del Prof. Dr. Jaime Lamo de Espinosa, publicada con motivo del 150 aniversario de Agbar)*, 2017.   
- MS-48/17 *El pensamiento económico ante la variedad de espacios españoles (Solemne Acto Académico conjunto con la Universidad de Extremadura y la Junta de Extremadura celebrado los días 2-3 de marzo de 2017)*, 2017.   
- MS-49/17 *La economía del futuro en Europa. Ciencia y realidad. Calmíc, Octavian; Aguer Hortal, Mario; Castillo, Antonio; Ramírez Sarrió, Dídac; Belostecinic, Grigore; Rodríguez Castellanos, Arturo; Bircă, Alic; Vaculovschi, Dorin; Metzeltin, Michael; Verejan, Oleg; Gil Aluja, Jaime*. 



- MS-51/17 *Las nuevas áreas del poder económico (XII Acto Internacional de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras celebrado en Barcelona el 16 de noviembre de 2017)*, 2017.  
- MS-53/18 *El reto de la prosperidad compartida. El papel de las tres culturas ante el siglo XXI. Solemne acto académico conjunto con la Fundación Tres Culturas del Mediterráneo (Barcelona Economics Network)*. Askenasy, Jean; Imanov, Gorkmaz; Granell Trias, Francesc; Metzeltin, Michael; Bernad González, Vanessa; El Bouyououssi, Mounir; Ioan Franc, Valeriu; Gutu, Corneliu.  
- MS-54/18 *Las ciencias económicas y financieras ante una sociedad en transformación. Solemne Acto Académico conjunto con la Universidad de León y la Junta de Castilla y León, celebrado el 19 y 20 de abril de 2018*. Rodríguez Castellanos, Arturo; López González, Enrique; Escudero Barbero, Roberto; Pont Amenós, Antonio; Ulibarri Fernández, Adriana; Mallo Rodríguez, Carlos; Gil Aluja, Jaime.  
- MV-01/18 *La ciencia y la cultura ante la incertidumbre de una sociedad en transformación (Acto Académico de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras en la Universidad de Tel Aviv celebrado el 15 y 16 de mayo de 2018)*, 2018. 
- MS-55/19 *Desafíos de la nueva sociedad sobrecompleja: Humanismo, dataísmo y otros ismos (XIII Acto Internacional de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras celebrado en Barcelona el 15 y 16 de noviembre de 2018)*, 2018.  
- MS-57/19 *Complejidad Financiera: Mutabilidad e Incertidumbre en Instituciones, Mercados y Productos. Solemne Acto Académico Conjunto entre la Universitat de les Illes Balears, la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras de España, el Cercle Financer de Balears, el Colegio de Economistas de las Islas Baleares y el Cercle d'Economia de Mallorca, celebrado los días 10-12 de abril de 2019*. Rodríguez Castellanos, Arturo; López González, Enrique; Liern Carrión, Vicente; Gil Aluja, Jaime.  
- ME-58/19 *Un ensayo humanista para la formalización económica. Bases y aplicaciones (Libro Sección Segunda de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras)*, 2019. 
- MS-59/19 *Complejidad Económica: Una península ibérica más unida para una Europa más fuerte. Solemne Acto Académico Conjunto entre la Universidad de Beira Interior – Portugal y la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras de España, celebrado el día 19 de junio de 2019*. Askenasy, Jean; Gil Aluja, Jaime; Gusakov, Vladimir; Hernández Mogollón, Ricardo; Imanov, Korkmaz; Ioan-Franc, Valeriu; Laichoubi, Mohamed; López González, Enrique; Marino, Domenico; Redondo López, José Antonio; Rodríguez Rodríguez, Alfonso; Gil Lafuente, Ana María. 
- MS-62/20 *Migraciones (XIV Acto Internacional de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras celebrado en Barcelona el 14 y 15 de noviembre de 2019)*, 2019.  
- MS-63/20 *Los confines de la equidad y desigualdad en la prosperidad compartida. Solemne Acto Académico Conjunto entre la Universidad de Cantabria y la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras, celebrado los días 7 y 8 de mayo de 2020*. Ramírez Sarrió, Dídac; Gil Aluja, Jaime; Rodríguez Castellanos, Arturo; Gasòliba, Carles; Guillen, Montserrat; Casado, Fernando; Gil-Lafuente, Ana María, Sarabia Alegría, José María.  

- MS-66/21 *La vejez: conocimiento, vivencia y experiencia (XV Acto Internacional de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras celebrado en Barcelona el 10 y 20 de noviembre de 2020)*, 2020. 
- MS-67/21 *Sistemas de pensiones para una longevidad creciente. Una mirada a los sistemas de pensiones en Bielorrusia, España, Finlandia, México y Suiza. Daniel i Gubert, Josep; Wanner, Jean-Marc; Gusakov, Vladimir; Kiander, Jaakko; González Santoyo, Federico; Flores Romero, Beatriz; Gil-Lafuente, Ana María; Guillen, Montserrat*. 2021. 
- MS-69/21 *Ciencia y actividad económica: propuestas y realidades (Trabajos correspondientes al I Ciclo de Conferencias Internas)*. Gil Aluja, Jaime; Granell Trias, Francesc; Aguer Hortal, Mario; Ramírez Sarrió, Dídac; Argandoña Rámiz, Antonio; Liern Carrión, Vicente; Gil-Lafuente, Ana María. 2021.  
- MS-71/22 *Incidencias económicas de la pandemia. Problemas y oportunidades. Solemne Acto Académico Conjunto entre la Universidad de Valencia y la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras, celebrado los días 21 y 22 de octubre de 2021. Gil Aluja, Jaime; Aguer Hortal, Mario; Maqueda Lafuente, Francisco Javier; Ramírez Sarrió, Dídac; Liern Carrión, Vicente; Rodríguez Castellanos, Arturo; Guillén Estany, Montserrat*.  
- MS-72/22 *La nueva economía después del Sars-Cov-2. Realidades y revolución tecnológica. (XVI Acto Internacional de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras celebrado en Barcelona el 18 y 19 de noviembre de 2021)*, 2021.  
- ME-73/22 *El Banco Central Europeo y la crisis financiera (2007-2018). Sección de Ciencias Económicas de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras. Argandoña Rámiz, Antonio; Castells Oliveres, Antoni*. 2022.  
- MS-74/22 *Ciencia y actividad económica: propuestas y realidades (Trabajos correspondientes al II Ciclo de Conferencias Internas)*. Gil Aluja, Jaime; Rodríguez Rodríguez, Alfonso; Guillén Estany, Montserrat; Rodríguez Castellanos, Arturo; Lago Peñas, Santiago; Barquero Cabrero, José Daniel; López González, Enrique. 2022.  
- MS-75/22 *Soluciones económicas y tecnológicas a la degradación del ecosistema del planeta. (I Seminario Internacional Abierto de Barcelona de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras celebrado en Barcelona el 8 y 9 de junio de 2022)*, 2022.  
- ME-76/22 *Economistas Españoles Relevantes de los siglos XVIII, XIX y XX. Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras. Aguer Hortal, Mario*. 2022. 
- MS-77/23 *¿Por qué no un Mundo Sostenible? La Ciencia Económica va a su encuentro. (XVII Acto Internacional de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras celebrado en Barcelona el 16 y 17 de noviembre de 2022)*, 2022.  
- MS-78/23 *Los nuevos desafíos y oportunidades de la transformación digital de la economía española. (Solemne Acto Académico conjunto entre la Universidad de Salamanca y la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras celebrado en Salamanca el 15 de marzo de 2023)*, 2023.  

- MS-79/23 La Ciberseguridad como imperativo para la Economía de España. (*Solemne Acto Académico conjunto entre el Instituto Nacional de Ciberseguridad y la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras celebrado en León el 17 de marzo de 2023*), 2023.  
- MS-81/23 Ciencia y actividad económica: propuestas y realidades (*Trabajos correspondientes al III Ciclo de Conferencias Internas*). Gil Aluja, Jaime; Gasòliba Böhm, Carles-Alfred; Daniel i Gubert, Josep; Maqueda Lafuente, Francisco Javier; Terceño Gómez, Antonio; Lamo De Espinosa, Jaime. 2023.  
- MS-85/24 La Ciberseguridad en la Ciencia y en las actividades económicas (*Trabajos correspondientes al II Seminario Internacional de primavera de Barcelona*). Gil Aluja, Jaime; Petre Roman; Enrique Lecumberri Matí; Ana Maria Gil-Lafuente, Valeriu Ioan Franc; Korkmaz Imanov; Domenico Marino; Dobrica Milovanovic; Carlo Morabito; Enrique López; Jose Daniel Barquero; Janusz Kacprzyk; Mario Aguer. 2023.  
- MS-86/24 Inteligencia Artificial: Innovaciones Económicas y sociales (*Solemne Acto Académico conjunto entre la Universidad de Kragujevac y la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras*). Gil Aluja, Jaime; Nenad Filipovic; Janusz Kacprzyk; Vicente Liern; Veljko Marinkovic; José Daniel Barquero; Tijana Geroski; Valeriu Ioan Franc; Arturo Rodríguez Castellanos. 2024.  





Los orígenes más remotos de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras de España se remontan al siglo XVIII, cuando en 1758 se crea en Barcelona la Real Junta Particular de Comercio.

El espíritu inicial que la animaba entonces ha permanecido hasta nuestros días: el servicio a la sociedad, a partir del estudio y de la investigación., es decir, actuar desde la razón y desde el humanismo. De ahí las palabras que aparecen en su escudo y medalla: “Utraque Unum”.

La forma actual de la Real Corporación tiene su gestación en la década de los años 30 del pasado siglo. Su recreación se produce el 16 de mayo de 1940. En 1958 adopta el nombre de Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras. En el año 2017 se incorpora, con todos los honores, en la máxima representación científica española: el Instituto de España.

En estos últimos años se ha potenciado de tal manera la internacionalización de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras de España que hoy es considerada la Real Academia con mayor número de convenios de Colaboración Científica de nuestro país.

Su alto prestigio se ha asentado, principalmente, en cuatro direcciones. La primera de ellas, es la incorporación de grandes personalidades del mundo académico y de la actividad económica de los estados y de las empresas, con seis Premios Nobel, cuatro ex Jefes de Estado y varios Primeros Ministros.

La segunda, es la realización anual de sesiones científicas en distintos países junto con altas instituciones académicas de otros Estados, con los que se han firmado acuerdos de colaboración.

En tercer lugar, se están elaborando trabajos de estudio y análisis sobre la situación y evolución de los sistemas económico-financieros de distintas Naciones, con gran repercusión, no sólo en los ámbitos propios de la formalización científica, sino también en la esfera de las relaciones económicas, empresariales e institucionales.

En cuarto lugar, su principal, aunque no exclusivo, ámbito de trabajo se ha focalizado en la búsqueda y hallazgo de una vía de investigación nueva en el campo económico desde sus mismas raíces, con objeto de incorporar, numéricamente, el inevitable grado o nivel de subjetividad del pensamiento y decisión de los humanos. Por ello, la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras es conocida mundialmente por cuanto sus componentes forman parte y protagonizan la llamada **Escuela de Economía Humanista de Barcelona**.

**La inmortalidad académica**, cobra, así, su más auténtico sentido.

Jaime Gil Aluja  
Presidente de la Real Academia de Ciencias Económicas  
y Financieras de España

# Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras

## ACTOS INTERNACIONALES EN BARCELONA

### JUNTA DE GOBIERNO

Excmos. Sres.:

JAIME GIL ALUJA (Presidente); ISIDRO FAINÉ CASAS (Vicepresidente); FERNANDO CASADO JUAN (Secretario); MONTSERRAT GUILLÉN ESTANY (Vicesecretaria); MARIO AGUER HORTAL (Censor); ANA MARIA GIL-LAFUENTE (Bibliotecaria); JOSÉ MARÍA CORONAS GUINART (Tesorero); ARTURO RODRÍGUEZ CASTELLANOS (Interventor); CARLES A. GASÓLIBA I BÖHM (Asesor Pte. Sección 1ª); JOSÉ ANTONIO REDONDO LÓPEZ (Asesor Pte. Sección 2ª); VICENTE LIERN CARRIÓN (Asesor Pte. Sección 3ª); JOSÉ MARÍA CORONAS GUINART (Asesor Pte. Sección 4ª).

## MS-86/24

### INTELIGENCIA ARTIFICIAL: INNOVACIONES ECONÓMICAS Y SOCIALES

Solemne Acto Académico conjunto entre la Universidad de Kragujevac y la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras

La Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras organiza cada año, entre la serie de actos académicos internacionales, un evento fuera de su sede con la participación de científicos, expertos y académicos de diferentes continentes. Este año 2023 se ha desarrollado el acto internacional en Kragujevac (Serbia) cuyo tema ha sido "Inteligencia Artificial: innovaciones económicas y sociales". La presencia de participantes ha sido elevada, añadiéndose además numerosas participaciones virtuales.

Los trabajos científicos realizados por los ponentes se han centrado en torno a la cuestión que plantea la ciberseguridad en la ciencia y las actividades económicas haciendo especial hincapié en los profundos cambios estructurales, en ocasiones disruptivos, que ya se están produciendo y seguirán produciéndose en el futuro: nos referimos a los efectos económicos, por una parte; y a la revolución tecnológica como nuevo paradigma social, por otra.

El contenido de los trabajos aportados a esta conferencia internacional ha quedado recogido y publicado en esta obra, así como en los distintos formatos digitales de los canales habituales.

La actividad científica y académica de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras sigue su andadura siempre adaptándose a las vicisitudes del entorno y fiel al mandato que tiene encomendado en su tarea de investigar y difundir el conocimiento.



*Real Academia  
de Ciencias Económicas y Financieras*