



Universitat Oberta  
de Catalunya

# L'economia de la intel·ligència artificial: plataformes, utilitats generals, eficiència i treball

uoc.edu

Seminari *Amics de la UAB*. Intel·ligència artificial i relacions laborals

Col·legi de Periodistes de Catalunya

27 de febrer del 2020. Barcelona

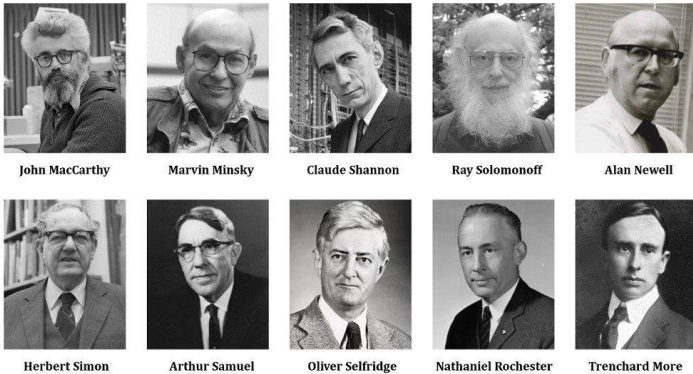
Dr. Joan Torrent-Sellens ([jtorrent@uoc.edu](mailto:jtorrent@uoc.edu)). Catedràtic d'Economia.

Estudis d'Economia i Empresa, Investigació Interdisciplinària sobre les TIC, i2TIC

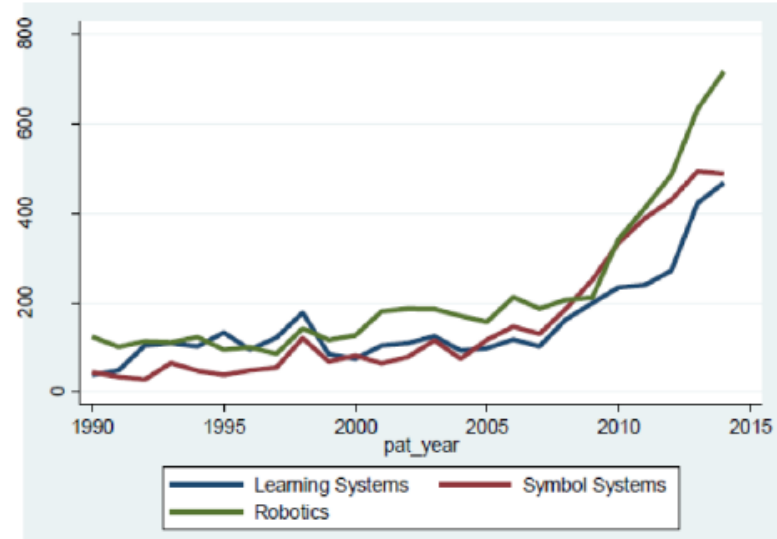


**Intel·ligència Artificial (IA):** Procés de creació o desenvolupament d'agents (aparells, instruments, aplicacions, algorismes...) tecnològics intel·ligents no humans.

**1956 Dartmouth Conference:  
The Founding Fathers of AI**



De la substitució a la complementarietat amb la intel·ligència humana: comunicació, interacció i creativitat



Patents d'IA registrades (1990-2015)

Font: Reproduït de Cockburn, I., Henderson, R., Stern, S. (2017). The impact of Artificial Intelligence on Innovation. *NBER Conference on Research Issues in Artificial Intelligence*. Toronto: September 2017.

De la IA que deprecia les capacitats humanes (human-replacing innovations) a la IA que millora les capacitats humanes (human-enhancing innovations)



Hotel Henn-na al Japó (allotjament robotitzat)



Watson (IBM), aplicació de tecnologies d'IA



Computació al núvol, grans dades i ciència de dades



Peeper i la robòtica social (aprenentatge de les màquines i aprenentatge profund)



Domòtica, sensors i IoT llars



Hadrian (robot paleta + 3D)



Tecnologies mòbils 5G



Ciutats intel·ligents



Robots, co-robots i IA al magatzem, logística, producció i distribució



Algoritmes alta freqüència (HFT) als mercats financers



Automòbil auto-conduït



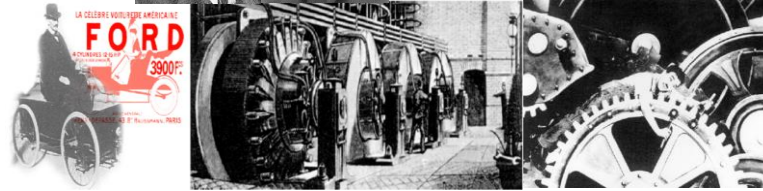
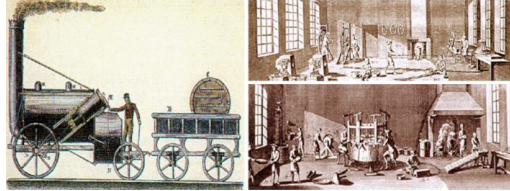
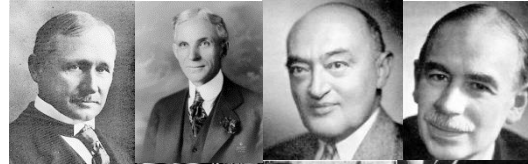
Xarxes socials i professionals Web 2.0 (interactiva)



Plataformes d'economia compartida (sharing), consum col·laboratiu i treball contingent (gig)



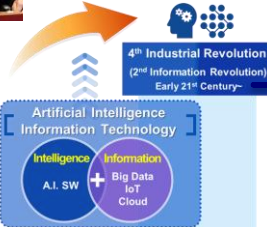
### 3. La segona onada digital “encara” no és la quarta revolució industrial



1RI: Substitució d'instruments per màquines, aparició del treball fabril i dels treballadors industrials urbans (ciutats industrials).

2RI: Incorporació del coneixement científic a la indústria. Organització científica, atomitziació i alineació del treball, Sistemes de producció i consum en massa.

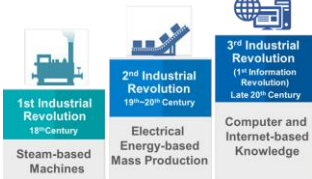
3RI: TIC, Internet i comerç electrònic. Era de la informació i el coneixement.



1. Tecnologies d'utilitat (propòsit) general (TUG): Tecnologies d'ús generalitzat, amb potencial per a millores tècniques i complementarietats innovadores, que es constitueixen com a motor/palanca del creixement econòmic.

2. Paradigma tecnoeconòmic o cicle econòmic de llarga durada: innovacions tècniques, organitzatives i de gestió que sobrepassen l'àmbit d'un sector i determinen un nou conjunt d'inputs bàsics (capital instal·lat) per a l'economia (disponibilitat universal i costos relatius).

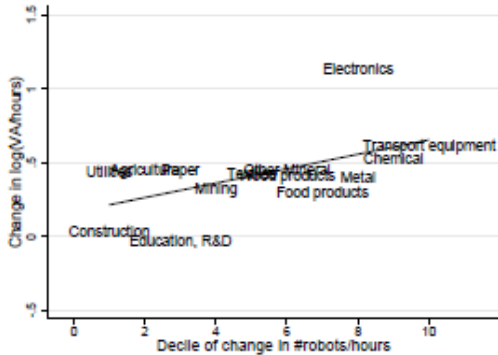
3. Revolució industrial: canvis tecnològics fonamentals a l'economia i el treball interconnectats amb canvis socials i culturals de primer ordre. La tecnologia no és mai l'input bàsic. ¿Quin serà el conjunt d'input bàsics de la 4RI? Dades? Tasques? ¿Dades o tasques col·laboratives o involuntàries?





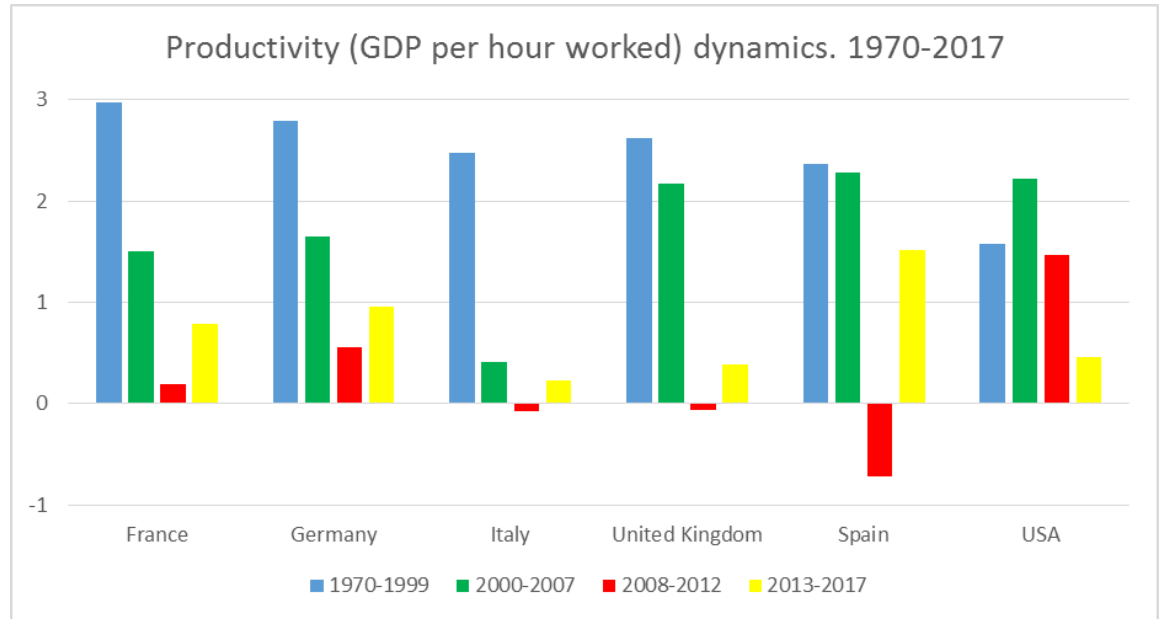
George Graetz Uppsala U. Guy Michaels LSE

(a) Productivity and Robots



Graetz, G., Michaels, G. (2018). Robots at work. *Review of Economics and Statistics*, 100(5), 753-768.

La desacceleració de la productivitat agregada reobre el debat sobre els efectes de la digitalització i la IA (paradoxa de la productivitat).



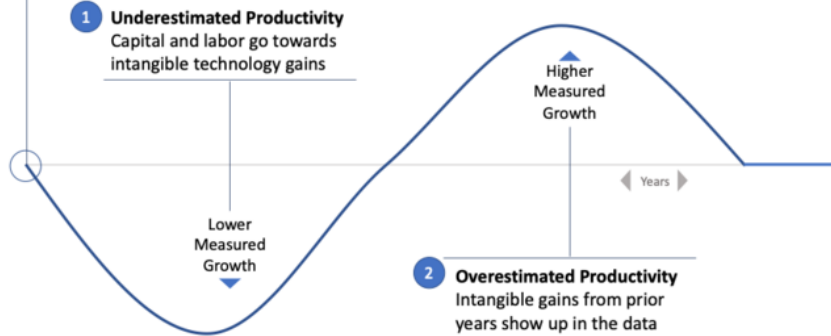
Torrent-Sellens, J. (2019). Transformació digital i productivitat de l'empresa industrial a Catalunya: cap a la industrial 4.0?. *Nota d'Economia*, 105, 105-123 (based on OECD data).



Complementarietats amb els actius intangibles i mala mètrica de la productivitat

**Productivity J-Curve**

Skewed measurement of productivity growth after a *major new technology* is introduced

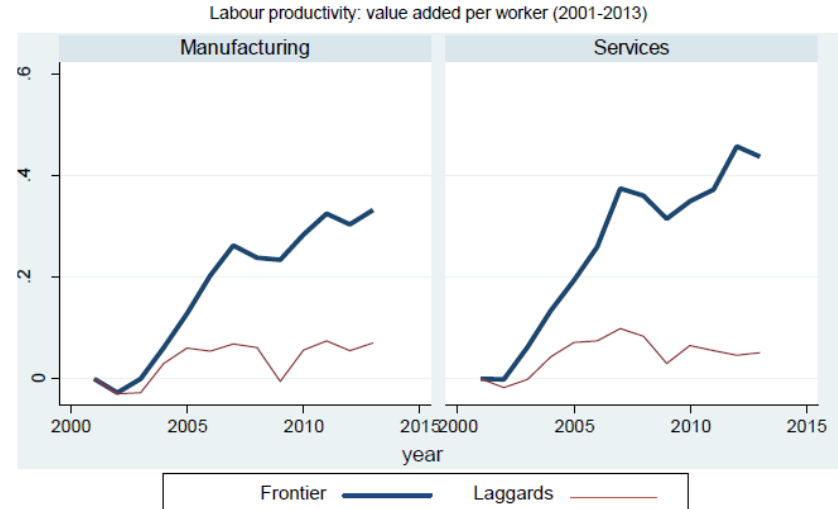


Redrawn from the article "[Why Artificial Intelligence isn't Boosting the Economy—Yet](#)"

Brynjolfsson, E, Rock, D., Syverson, Ch. (2018). The productivity J-curve: How intangibles complement General Purpose Technologies. *NBER WP No 25148*.

Divisòria empresarial: emergència elit global d'empreses; creixent dispersió de la productivitat: líders vs seguidores

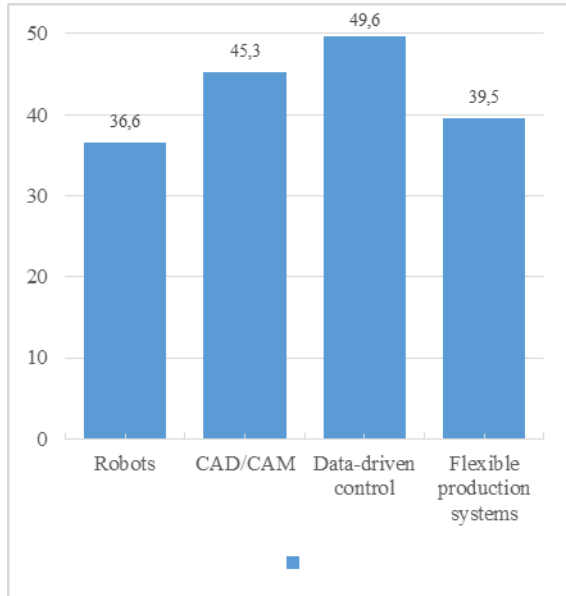
Figure 2. A widening labour productivity gap between global frontier firms and other firms



Andrews, D., Criscuolo, C., Gal, P. (2017). *The best versus the rest. The global productivity slowdown, technology divergence and public policy: A firm-level perspective*. Paris: OCDE.



## Tecnologies de la automatització i resultats empresarials: efectes positius però baix nivell d'implantació


**Table 2**

Predicted effects of automation technologies in Spanish manufacturing firms. 1991–2016.

	OLS estimation			
	Sales	Added value	Exports	Gross margin
(Constant)	6.200 *** (0.012)	5.735 *** (0.011)	5.356 *** (0.029)	1.961 *** (0.021)
Use of robots (R)	0.168 *** (0.018)	0.151 *** (0.016)	0.140 *** (0.036)	0.030* (0.030)
CAD/CAM (CADM)	0.008 (0.018)	0.033 *** (0.016)	0.015 (0.036)	0.007 (0.029)
Data-driven control (DDC)	0.104 *** (0.018)	0.098 *** (0.017)	0.041 ** (0.038)	0.025 (0.030)
Flexible production systems (FPS)	0.102 *** (0.018)	0.109 *** (0.016)	0.077 *** (0.036)	0.037 ** (0.031)
Large & efficient ind. (LAR_EF)	0.059 *** (0.042)	0.121 *** (0.037)	0.058 ** (0.075)	0.090 *** (0.071)
Large & HC ind. (LAR_HC)	0.548 *** (0.031)	0.542 *** (0.027)	0.356 *** (0.056)	0.028 (0.051)
SMEs in R&D ind. (SMEs_R&D)	0.018 (0.039)	0.048 *** (0.035)	-0.107 *** (0.071)	0.092 *** (0.066)
Statistics				
N (observations)	5426	5414	3750	4692
Adjusted R <sup>2</sup>	0.564	0.602	0.360	0.111
Estimation SE	0.549	0.483	0.949	0.864
F value	1004	1173	301.9	8.748
p value	0.000	0.000	0.000	0.000
Durbin-Watson	1.624	1.606	1.736	1.993



## Tecnologies de l'automatització, complementarietats i productivitat: efectes molt modestos. La importància de la gestió de dades

**Table 5**  
Labour productivity (added value per hour worked, HPT), automation technologies' two-complementarity explanatory factors in Spanish manufacturing firms. 1991–2016 and 2000–2016.

	1991–2016				2000–2016			
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
(Constant)	-3.448*** (0.050)	-3.316*** (0.052)	-3.268*** (0.054)	-3.222** (0.055)	-3.592*** (0.071)	-3.351*** (0.075)	-3.313*** (0.076)	-3.249** (0.079)
Labour cost/worker (LCW)	0.785*** (0.012)	0.759*** (0.012)	0.751*** (0.013)	0.743*** (0.013)	0.738*** (0.016)	0.699*** (0.017)	0.692*** (0.017)	0.683*** (0.018)
R&D activities (R&D)		0.090*** (0.005)	0.064*** (0.005)	0.059*** (0.005)		0.101*** (0.005)	0.090*** (0.005)	0.081*** (0.006)
R x CADM			-0.003 (0.012)	-0.003 (0.012)			-0.028 (0.013)	-0.027 (0.018)
R x DDC			0.061*** (0.009)	0.059*** (0.009)			0.077** (0.010)	0.070*** (0.010)
R x FPS			0.003 (0.011)	-0.001 (0.011)			0.005 (0.013)	0.001 (0.013)
CADM x DDC			-0.046*** (0.008)	-0.043*** (0.008)			-0.049*** (0.009)	-0.045** (0.009)
CADM x FPS			0.008 (0.010)	0.006 (0.010)			0.012 (0.012)	0.009 (0.012)
DDC x FPS			0.026 (0.010)	0.026 (0.010)			0.024 (0.011)	0.025 (0.011)
Large and HC industry (LAR_HC)				0.075*** (0.008)				0.083*** (0.009)
SMEs in R&D industry (SMEs_R&D)				0.062*** (0.011)				0.059*** (0.013)
Statistics								
N (observations)	5407	5407	5407	5407	4060	4060	4060	4060
Adjusted R <sup>2</sup>	0.616	0.622	0.628	0.633	0.545	0.553	0.558	0.563
Estimation SE	0.177	0.176	0.174	0.173	0.173	0.172	0.171	0.170
Change of Adjusted R <sup>2</sup>	0.616	0.006	0.006	0.005	0.545	0.009	0.005	0.005
F value	3683	4446	1129	912.4	4854	2514	639.7	518.1
p value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Durbin-Watson				1.889				1.873

Note: Real monetary data in log-levels. Regression analysis: Ordinary Least Squares with introduction method. Estimated coefficients: Standardized coefficients. Standard errors of the non-standardized effects in brackets. \*\*\*  $p < 0.01$ ; \*\*  $p < 0.05$ ; \*  $p < 0.1$ .





Cap a la multi-dimensionalitat de la productivitat a la PIME

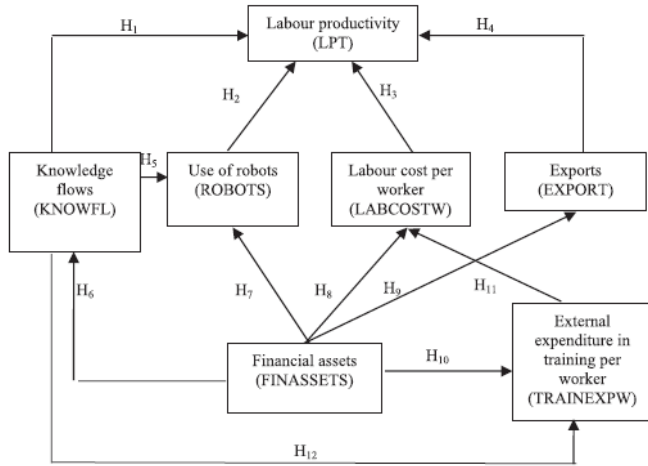
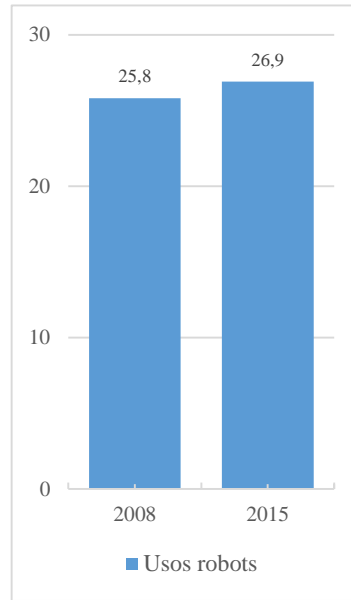
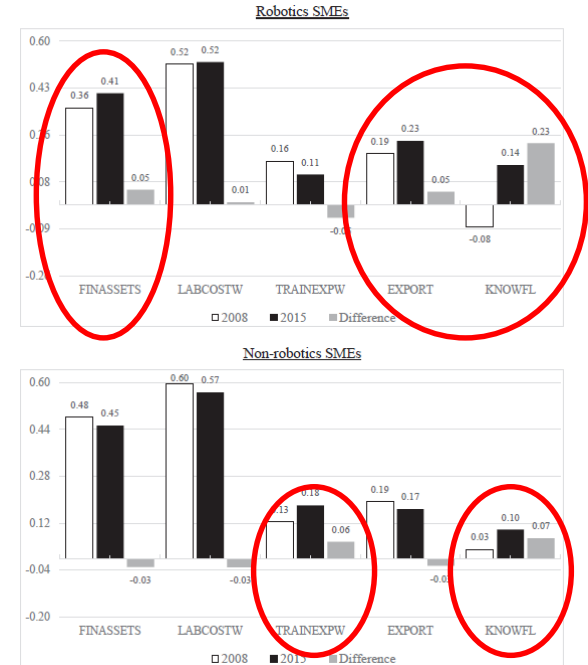


Fig. 1. Model of manufacturing firms' labour productivity explanatory factors.



PIMES robotitzades: complementarietat entre coneixement, capital i exportació; PIMES no robotitzades: complementarietat coneixement i capital humà





Substitució de treball rutinari amb habilitats intermèdies: Elevada probabilitat de substitució del treball ( $1/3 < E < 1/2$ ).

Carl B. Frey, Michel Osborne  
INET, Oxford U.



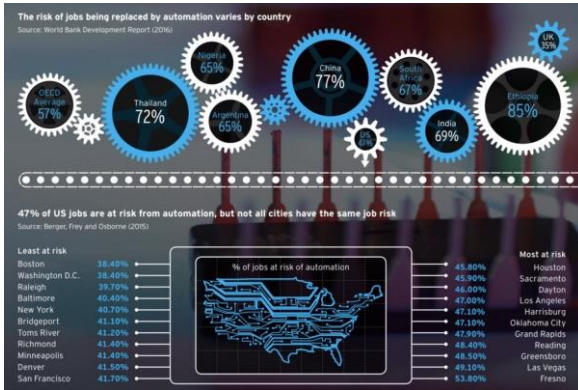
Nous models basats en l'anàlisi de tasques: Relació dinàmica entre tecnologia i treball.

Daron Acemoglu, Pascual Restrepo  
MIT Boston U.



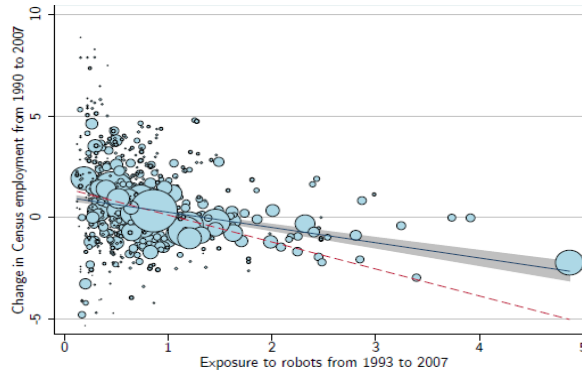
Nova evidència global: Entre 1970 i 2007 l'automatització ha augmentat el treball però ha desplaçat el seu % sobre el VAB.

David Autor, Anna Salomons  
MIT Utrecht U.



Frey, C.B., Osborne, M. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting & Social Change*, 114, 254-280.

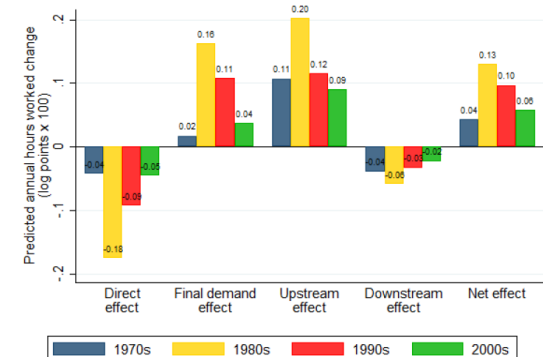
1) Automatització reemplaça treball rutinari en el curt termini; 2) Estalvi i acumulació de capital augmenten productivitat i demanda de treball no automatitzat; 3) Mecanismes compensatoris insuficients i reducció (desplaçament) % treball a la renda nacional.



Acemoglu, D., Restrepo, P. (2017). Robots and jobs: Evidence from US labor markets. NBER Working Paper No. 23285.

A partir dels 2000s, els mecanismes compensatoris no han funcionat be, i la segona onada digital seria menys important per a crear treball i més important per a desplaçar treball.

Figure 2A: Predicted Effects of TFP Growth on Aggregate Hours of Labor Input by Decade



Autor, D., Salomons, A. (2018). Is automation labor share-displacing? Productivity growth, employment, and the labor share. *Brookings Papers on Economic Activity*, spring, 1-63.

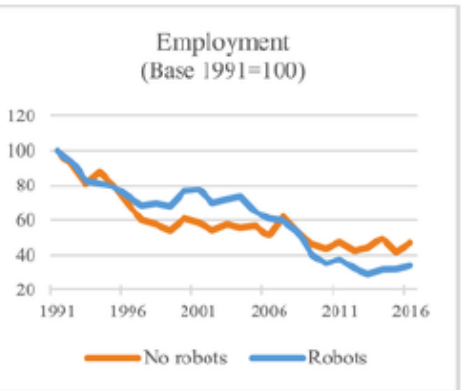
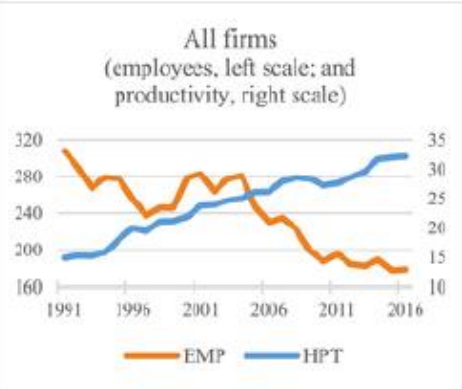


## Tecnologies de l'automatització i treball: retroalimentació de la tendència negativa

**Table 4**  
Employment, individual explanatory factors in Spanish manufacturing firms. 1991–2016 and 2000–2016.

	1991–2016				2000–2016			
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
(Constant)	-3.970*** (0.204)	-3.135*** (0.188)	-2.408*** (0.183)	-0.762** (0.146)	-5.391*** (0.255)	-3.608*** (0.234)	-2.950*** (0.227)	-0.646*** (0.169)
Labour cost/worker (LCW)	0.406*** (0.056)	0.348*** (0.051)	0.295*** (0.050)	0.169*** (0.040)	0.447*** (0.066)	0.345*** (0.060)	0.301*** (0.058)	0.151*** (0.043)
Capital/worker (KW)	0.109*** (0.018)	0.057*** (0.016)	0.030*** (0.016)	0.049*** (0.012)	0.099*** (0.020)	0.041** (0.017)	0.014 (0.017)	0.040*** (0.012)
Human capital (HC)	-0.222*** (0.024)	-0.245*** (0.022)	-0.227*** (0.021)	-0.228*** (0.017)	-0.188*** (0.027)	-0.242*** (0.025)	-0.217*** (0.024)	-0.277*** (0.017)
R&D activities (R&D)		0.386*** (0.015)	0.302*** (0.015)	0.182*** (0.012)		0.444*** (0.014)	0.378*** (0.014)	0.207*** (0.011)
Use of robots (R)			0.195*** (0.016)	0.117*** (0.012)			0.204*** (0.017)	0.098*** (0.012)
CAD/CAM (CADM)			0.018 (0.016)	-0.002 (0.013)			-0.004 (0.017)	-0.001 (0.012)
Data-driven control (DDC)			0.009 (0.016)	0.026 (0.013)			0.037* (0.017)	0.033*** (0.012)
Flexible production systems (FPS)			0.130*** (0.016)	0.063*** (0.013)			0.087*** (0.017)	0.046*** (0.012)
Large and efficient industry (LAR_EF)				0.385*** (0.023)				0.011 (0.028)
Large and HC industry (LAR_HC)				0.319*** (0.026)				0.622*** (0.020)
SMEs in R&D industry (SMEs_R&D)				0.105*** (0.032)				0.012 (0.026)
Statistics								
N (observations)	4479	4479	4479	4479	3501	3501	3501	3501
Adjusted R <sup>2</sup>	0.198	0.335	0.399	0.636	0.213	0.380	0.438	0.708
Estimation SE	0.527	0.481	0.457	0.356	0.170	0.169	0.169	0.169
Change of Adjusted R <sup>2</sup>	0.198	0.137	0.064	0.237	0.213	0.168	0.058	0.270
F value	370.4	565.9	372.6	712.8	316.0	538.1	341.8	774.1
p value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Durbin-Watson				1.844				1.840

Note: Real monetary data in log-levels. Regression analysis: Ordinary Least Squares with introduction method. Estimated coefficients: Standardized coefficients. Standard errors of the non-standardized effects in brackets.

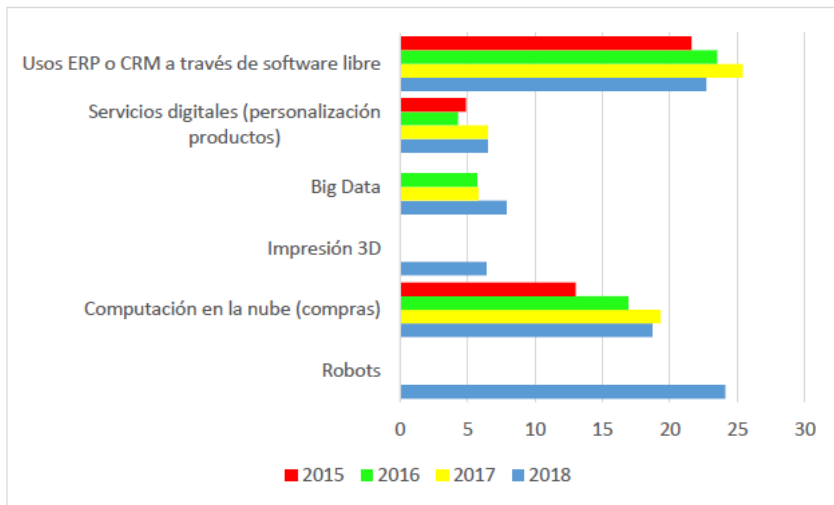




### Cap un nou pla estratègic (I 4.0):

- ✓ Catalunya necessita amb urgència un pla estratègic de transformació digital/IA -amb orientació de quàdruple hèlix i connexions (xarxes) entre agents-
- ✓ Reforçar les habilitats directives, las complementarietats tecnològiques -plataformes- i els desbordaments (spillovers) de coneixement -organització i capital humà- (ex. electrificació als EUA)
- ✓ Atenció específica a la problemàtica de las PIMES -falta evident de recursos especialitzats i necessitats de connexió (del clúster a la plataforma)-
- ✓ El sector públic és un sector d'activitat econòmica: efecte motor -Estònia- i polítics d'oferta -ressorgiment industrial; Alemanya, França, EUA, Brasil-

**Figura 1.** Usos de las tecnologías I4.0 en España. 2015-2018  
(porcentajes de empresas industriales de más de 10 trabajadores que usan tecnologías I4.0. Datos del primer trimestre de cada año).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

**Tabla 1.** Intensidad de uso de las tecnologías I4.0, generación de valor y resultados de la empresa industrial en España. 2014

Variable/indicador	No I4.0	Uso bajo	Uso intensivo	Total
<b>Resultados de la empresa</b>				
Ventas (miles de euros)	26.783	49.073	150.799	70.628***
Valor añadido (miles de euros)	4.934	11.116	28.416	14.089***
Exportaciones (miles de euros)	14.069	19.494	91.687	37.781***
Margen bruto de explotación (%)	4,1	4,3	7,2	5,1*
<b>Generación de valor</b>				
Gasto I+D (miles de euros)	147,1	661,0	2.121,3	910,9***
Empleados I+D (% sobre total empleados)	1,0	5,4	12,3	6,0**
Gasto externo formación por trab. (euros)	73,5	96,4	139,2	101,6***
Inversión medio-ambiental (% empresas)	3,5	9,3	10,4	23,3***
Gasto medio-ambiental (% empresas)	10,6	26,7	21,0	58,3***
<b>Productividad y empleo</b>				
Productividad (miles de euros por trabajador)	44,1	58,8	63,1	55,7**
Productividad (euros por hora trabajada)	25,2	33,8	36,4	32,0**
Empleados (número)	71,3	158,4	361,9	189,2***
Costes laborales por empleado (euros)	30.736	36.439	41.200	36.097**
N (empresas)	442	663	420	1.525
% (empresas)	29,0	43,5	27,5	100,0

Análisis de asociación estadística: comparación de medias (crosstabs). \* p < 0.1; \*\* p < 0.05; \*\*\* p < 0.01.

En negrita, los porcentajes de empresas superiores a los esperados usando una distribución normal: residuos estandarizados corregidos con valores  $\geq 1.9$ .

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la ESEE.



Cap una nova IA:

- ✓ La robòtica esbiaixa la balança laboral cap un procés de substitució
- ✓ Els sistemes d'aprenentatge intel·ligent obren noves oportunitats: anàlisis dades i professionalització dels serveis d'atenció a persones i empreses (servitització)
- ✓ Aquests sistemes d'aprenentatge complementen tasques, i incentiven les capacitats d'anàlisi, creativitat i comunicació del treball humà
- ✓ Necessitat d'un canvi formatiu competencial i polítiques actives d'ocupació

Articles publicats a ISI Web of Science

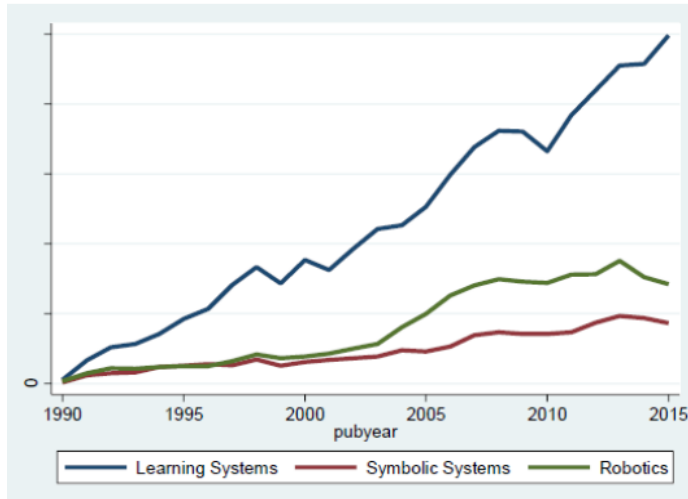


Figura 2. Tipus de treball i competències de la IA

- **“type I” - analytical, creative, adaptive**
  - critical & creative thinking
  - analytical & research
  - sense making
  - novel adaptive thinking
  - design mindset
- **“type II”: interpersonal, communication**
  - effective communication
  - interpersonal relationships/abilities
  - social intelligence
  - virtual collaboration
- **“type III”: emotional, self confidence**
  - self-awareness
  - empathy
  - coping w/stress
  - manage cognitive load
  - coping w/emotions

Font: Reproduït de Trajtenberg (2018).



### Cap un nou sistema educatiu (de la nota al like?):

- ✓ De la ciència (possessió del coneixement) al coneixement obert (ús coneixement)
- ✓ Del producte (life-long learning) al servei (life-long training)
- ✓ De l'aprenentatge individual a l'aprenentatge col·lectiu i col·laboratiu
- ✓ De la disciplina (Facultat) a la transdisciplina (instituts/nodes de coneixement que investiguen, eduquen y transfereixen per a resoldre problemes econòmics i socials complexos)
- ✓ Del professor a l'orientador i gestor de comunitats d'aprenentatge i d'investigació
- ✓ De la intermediació (Universitat entre el coneixement i l'estudiant) a la plataforma (Universitat com a garantia de confiança i reputació entre el coneixement intercanviat entre parells -peer-to-peer-)

Gráfico 1. Estructura del capital humano en la empresa industrial de España. 2016 (Porcentajes de trabajadores por nivel formativo)

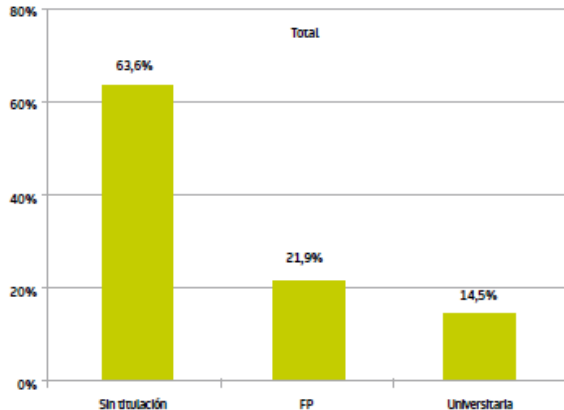


Gráfico 13. Efectos del stock formativo de los empleados sobre la productividad de la empresa industrial. 2016 (efectos totales estandarizados)

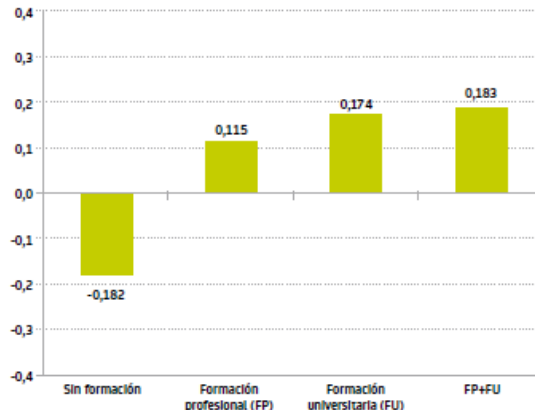
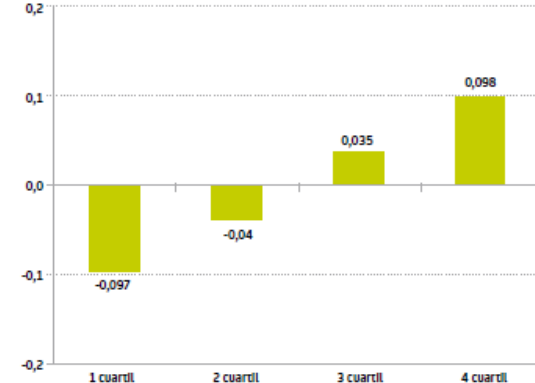


Gráfico 16. Efectos de la intensidad de la Formación Profesional de los empleados sobre la productividad de la empresa industrial. 2016 (efectos totales estandarizados)





Universitat Oberta  
de Catalunya

# L'economia de la intel·ligència artificial: plataformes, utilitats generals, eficiència i treball

uoc.edu

Seminari *Amics de la UAB*. Intel·ligència artificial i relacions laborals  
Col·legi de Periodistes de Catalunya  
27 de febrer del 2020. Barcelona

Dr. Joan Torrent-Sellens ([jtorrent@uoc.edu](mailto:jtorrent@uoc.edu)). Catedràtic d'Economia.  
Estudis d'Economia i Empresa, Investigació Interdisciplinària sobre les TIC, i2TIC