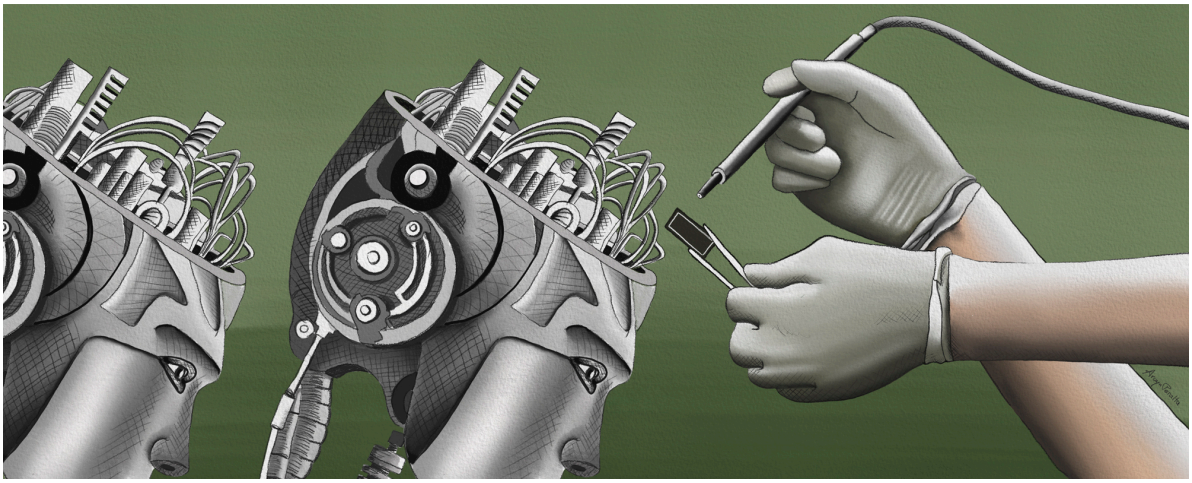
DESIGUALTAT, ECONOMIA I MERCAT LABORAL

L’economia de la intel·ligència artificial

Joan Torrent-Sellens



Araya Peralta

Generalment, en l’àmbit econòmic ens referim a la intel·ligència artificial (en endavant, IA) per a descriure el procés de creació i desenvolupament d’agents tecnològics intel·ligents no humans [1]. Es tracta doncs, d’un procés d’innovació tecnològica tradicional en el sentit que s’aplica el coneixement científic i tecnològic per a crear màquines, softwares o algorismes que actuen complementant o substituint les activitats econòmiques, especialment les de producció. Ara bé, la IA també suposa un procés d’innovació tecnològica radical, disruptiva, en el sentit que aquests agents tecnològics actuen de forma intel·ligent en el sentit que són capaços de reconèixer i respondre al seu entorn [2].

La intel·ligència artificial com a nova plataforma tecnològica

La comparació amb la intel·ligència humana sol ser de molta utilitat per entendre bé la disrupció generada per la IA. La intel·ligència humana comprèn tot un conjunt d’accions mentals de diversa naturalesa, que tenen clara incidència sobre el comportament dels agents econòmics i dels mercats, i sobre les principals funcions de resultat de l’economia, com la productivitat o el treball. Entre d’altres, la computació simple, el processament de dades, el reconeixement de patrons, la predicció, diversos tipus de resolució de problemes, la capacitat per emetre judicis, la creativitat o la comunicació.

Des dels seus inicis formals, durant la dècada dels anys cinquanta del segle passat, els investigadors de les ciències de la computació, la psicologia o l’economia, com Herbert

Simon o Allan Newell, van intentar desenvolupar màquines intel·ligents capaces de recrear aquest conjunt d'activitats mentals. La idea bàsica era la de la substitució. És a dir, la creació de màquines intel·ligents amb capacitats de computació, predicció, anàlisi, resolució de problemes, comunicació o, fins i tot, amb capacitats creatives. Ben aviat aquests plantejaments es van haver de matisar, i el ressorgiment de la IA durant els anys noranta del segle XX ja va tenir uns objectius més modestos: primer replicar i després millorar la intel·ligència humana.

> El desenvolupament de mètodes basats en IA que milloren les capacitats humanes, en lloc de depreciar el seu treball, necessiten d'una revisió en profunditat dels sistemes educatius

En aquesta segona fase, la idea bàsica de la IA és la de la complementarietat. Agents tecnològics intel·ligents que substitueixen algunes accions mentals, especialment les més rutinàries o les que necessiten més capacitat de càlcul o representacions complexes, però que també complementen altres accions pròpies de la intel·ligència humana, com les capacitats comunicatives o de creativitat. Per exemple, ja els ordinadors previs a la IA eren molt millors que la intel·ligència humana en capacitats de computació, processament de dades o reconeixement i predicció de patrons de comportament. Aquestes capacitats s'han vist clarament millorades amb les noves aplicacions de la IA com el reconeixement facial, de veu o els algorismes de processament i d'anàlisi de grans quantitats de dades no estructurades. Ara bé, la intel·ligència humana encara és imbatible en activitats d'intuïció, creativitat o de comunicació [3].

A finals de la segona dècada del segle XXI, aquesta aproximació, més modesta, de la IA com a tecnologia complementària és la més freqüent, tant dins de la investigació de l'àmbit —sovint anomenada com *IA estreta*— com en la seva majoria d'aplicacions econòmiques i de negoci. Una vegada abandonats els propòsits de substitució total de la intel·ligència humana, la disrupció econòmica de la IA esdevé per altres vies, especialment pels avenços de l'aprenentatge de les màquines (*machine learning*) i l'aprenentatge profund (*deep learning*). En el primer cas, ens referim a les tècniques estadístiques que permeten a ordinadors i algorismes aprendre, predir i realitzar tasques a partir de gran quantitat de dades, sovint no estructurades inicialment, i sense ser programats explícitament. En el segon cas, ens referim als algorismes que usen programes de múltiples capes, per exemple xarxes neuronals, per a millorar l'aprenentatge automàtic, la inferència estadística o l'optimització.

Precisament, és la capacitat d'aprendre la que confereix a la IA la seva capacitat de plataforma, de connector entre diverses tecnologies. Un exemple d'aquesta capacitat és la vinculació entre la IA i la robòtica. Com altres tecnologies, els robots usen la IA per a processar i analitzar dades, i per a reconèixer i predir patrons de comportament. Ara bé, i a diferència d'altres tecnologies de l'automatització o de la digitalització, els robots es distingeixen per la seva interacció amb el món físic (moviment, transformació,

reorganització, unió o elaboració de factors o productes), de manera que, vinculant-se amb la IA, són capaços d'aprendre i de respondre a les necessitats canviants del seu entorn físic. Tot i amb això, els seus usos econòmics de producció i treball són específics, esdevenen a través d'una automatització limitada de tasques, substitueixen algunes competències del treball humà —especialment les vinculades amb tasques cognitives i no cognitives rutinàries—, però també són capaços de complementar altres accions de la intel·ligència humana —especialment tasques cognitives no rutinàries.

I, encara més, a través d'aquesta capacitat de convergència tecnològica, la IA també va esdevenint una tecnologia de propòsit o d'utilitat general. És a dir, una tecnologia capaç de desenvolupar innovacions complementàries i de convertir-se en font d'eficiència i de creixement econòmic. Ho veurem a continuació.

La intel·ligència artificial com a tecnologia d'utilitat general

Habitualment, des de l'economia entenem la tecnologia com el fons social de coneixement sobre les arts industrials. És a dir, tot aquell conjunt de sabers, no només els científics i tecnològics (saber-què i saber-perquè), particularment les habilitats dels agents econòmics i les organitzacions (saber-com i saber-qui), que incideixen sobre l'activitat econòmica. Per tant, ens aproximem a la tecnologia a través de tot aquell conjunt d'instruments, màquines o tècniques per a l'acció instrumental [4]. Les tecnologies de propòsit o d'utilitat general (*general purpose technologies*, GPT) són unes famílies de saber aplicat d'ordre superior en el sentit que deriven aplicacions tecnològiques més específiques i d'ordre inferior. Per exemple, les tecnologies vinculades amb la màquina de vapor, l'electricitat, el motor de combustió interna o l'ordinador es consideren tecnologies d'utilitat general, perquè a través de la seva capacitat de connexió (plataforma) amb altres tecnologies configuren processos de convergència tecnològica, innovacions derivades, complementarietats amb altres actius econòmics, per exemple amb la inversió en intangibles, i, finalment, nous models de negoci, noves fonts d'eficiència i palanques de creixement econòmic [5].

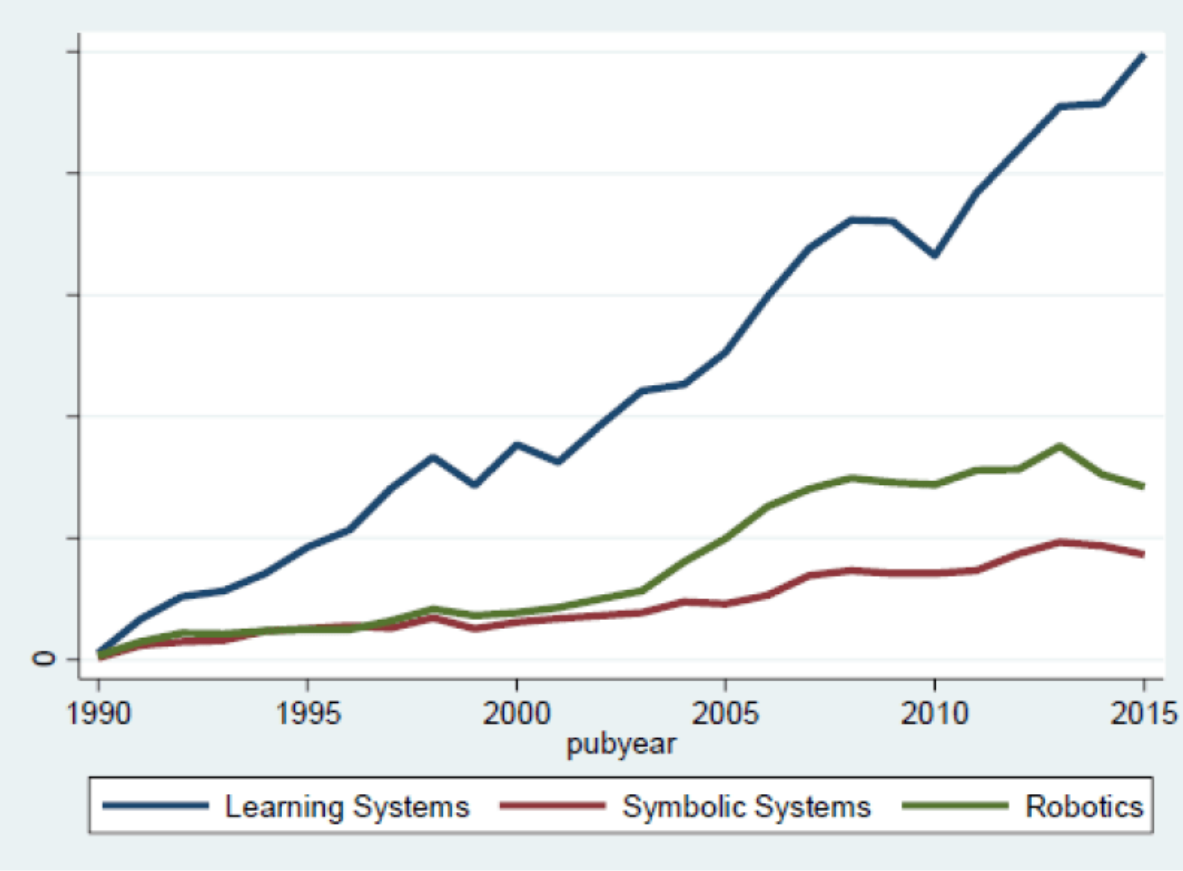
Els tres criteris principals perquè una tecnologia es consolidi com a tecnologia d'utilitat general són l'omnipresència (*pervasiveness*), la millora constant (*improvement*) i la generació d'innovacions (*innovation spawning*). És a dir, la capacitat que tingui tota una família de sabers aplicats, en forma d'instruments, màquines o tècniques, per a:

1. Estendre's al conjunt d'activitats econòmiques.
2. Millorar amb el temps, tot reduint els seus costos d'ús.
3. Facilitar la invenció i la innovació de productes o de processos.

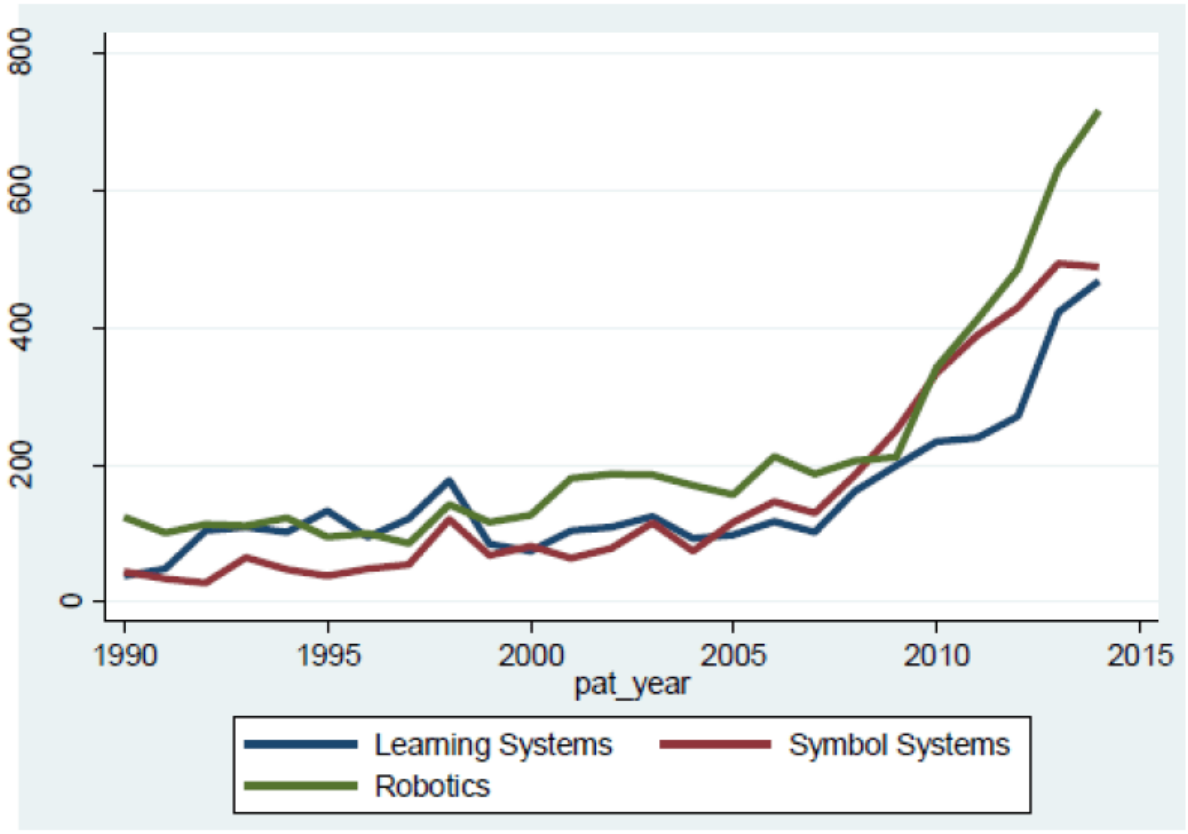
Per bé que aquests tres criteris han estat emprats per a evidenciar empíricament el propòsit general d'altres famílies tecnològiques anteriors, com els ordinadors, en el cas de la IA encara no disposem d'evidència empírica específica al respecte. Particularment, no disposem encara d'anàlisis robustos sobre els efectes empírics de la IA en la innovació i la productivitat. Tot i això, l'experiència que tenim sobre altres tecnologies disruptives i sobre l'anàlisi dels processos científics (publicacions) i de protecció de la propietat intel·lectual

(patents), previs a l'aplicació productiva de la IA, ens ofereixen resultats molt interessants.

Si comencem pels processos previs a l'aplicació productiva de la IA, una investigació recent [6] ens posa de relleu que a partir del 2009 s'observa un canvi de tendència significatiu en la investigació de l'àmbit. Concretament, es constata una creixent importància de les publicacions sobre els sistemes intel·ligents d'aprenentatge [7], en detriment dels dos altres elements tradicionals de la investigació en IA: la robòtica (visió per computador, sistemes robòtics, col·laboració persona-robot, xarxes de sensors, i sistemes de control) i els sistemes simbòlics (procés, reconeixement i anàlisi d'imatges, llenguatges o símbols). A més, aquesta tendència creixent també s'expressa en la categoria aplicada d'aquestes publicacions (ciències naturals, de la vida o socials), en detriment de la publicació en revistes científiques de l'àmbit de la computació o les telecomunicacions. Addicionalment, les patents registrades en l'àmbit dels sistemes d'aprenentatge també creixen amb força. Així doncs, els desenvolupaments aplicats de les capacitats d'aprenentatge de la intel·ligència artificial es podrien consolidar com una tecnologia d'utilitat general si la publicació i les patents prèvies es traslladen a l'activitat productiva. De fet, aquesta aplicabilitat creixent de la investigació podria consolidar a la IA, especialment al sistema d'aprenentatge intel·ligent, com un mètode d'invenció d'utilitat general.



Articles sobre IA publicats a ISI Web of Science (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.



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.

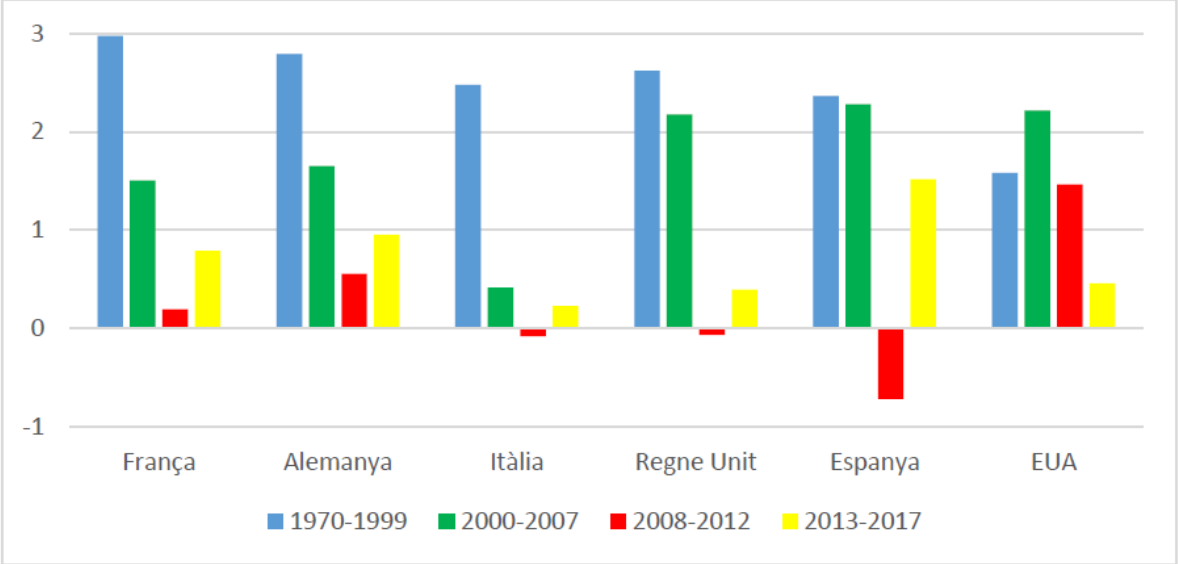
En efecte, les dades digitals i tot el potencial d'anàlisi, representació i predicció que hi poden afegir els sistemes multicapa de l'aprenentatge intel·ligent i profund, podrien impulsar forts incentius perquè les empreses i organitzacions construeixin, adquireixin i analitzin grans conjunts de dades crítiques, així com els algorismes específics per a fer-ho. Aquesta complementarietat entre l'aprenentatge a través de la IA, les grans dades i els avenços en la capacitat de computació generaria, a més, un efecte multiplicador, que alguns investigadors ja comencen a intuir [8]. Es tracta de la versemblança d'estendre tot el potencial de la IA més enllà de les tasques habituals i rutinàries que substitueixen el treball humà. Si apliquem la IA a tots els processos productius relacionats amb l'anàlisi i la gestió de dades, els efectes de complementarietat amb el treball humà es podrien estendre a un ampli conjunt de sectors d'activitat, especialment als serveis de atenció personal, salut i educatius, però no únicament. Ara bé, el desenvolupament de mètodes d'invenció i d'innovació d'utilitat general basats en la IA i que millorin les capacitats humanes (*human-enhancing innovations*), en lloc de depreciar el seu treball (*human-replacing innovations*), necessiten d'una revisió en profunditat dels sistemes educatius. L'economia de la IA demanda tot un nou conjunt d'habilitats i competències basades en les capacitats analítiques, creatives, interpersonals i emocionals de la força de treball.

La intel·ligència artificial com a font d'eficiència i treball

En la línia dels efectes específics de la IA sobre la productivitat i el treball, l'evidència

disponible que tenim tampoc és gaire precisa. Ja fa temps que la investigació econòmica ha contrastat clars efectes positius dels processos d'automatització sobre la productivitat i el creixement econòmic agregat de molts països [9]. Al mateix temps, també s'ha posat de relleu que els processos d'automatització i digitalització cada vegada serien menys importants per a crear i més importants per a desplaçar llocs de treball en el llarg termini [10]. Amb tot, aquesta evidència utilitza o be dades de densitat robòtica (robots per treballadors o per hora treballada) amb independència dels usos de la IA per part dels robots, o be s'obté indirectament a través de l'anàlisi de la productivitat total dels factors.

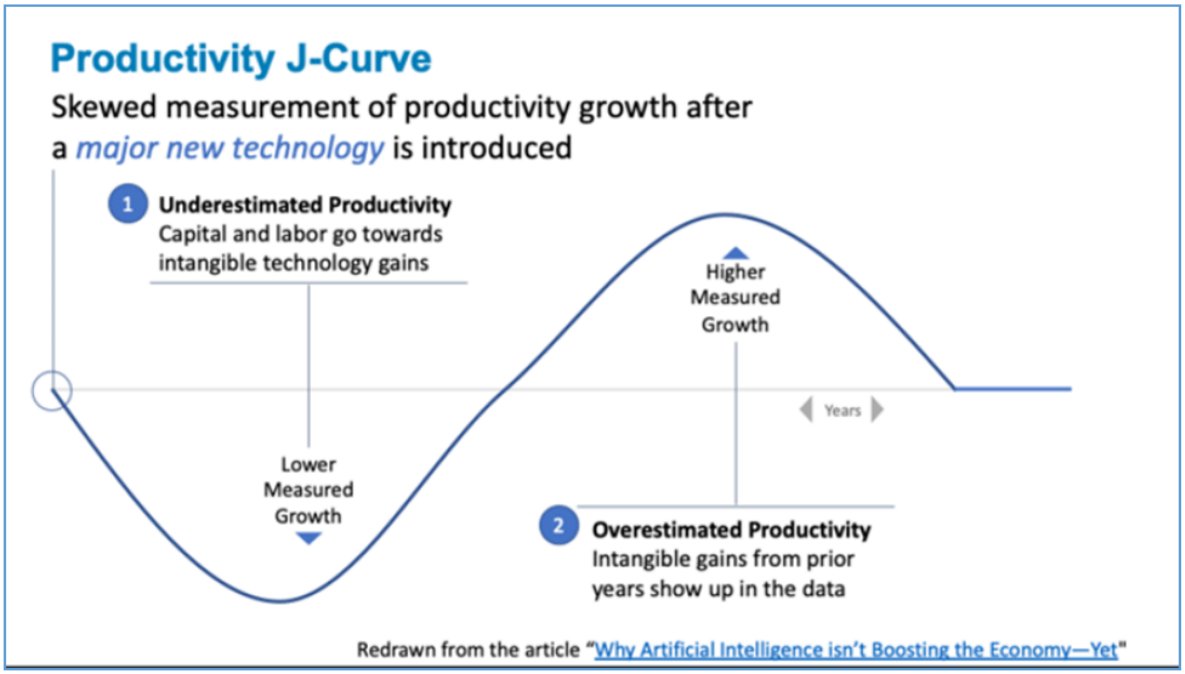
Així doncs, encara no disposem d'investigació específica sobre com els tres àmbits de la IA (robòtica, sistemes simbòlics i sistemes d'aprenentatge) incideixen sobre la productivitat i el treball. A aquesta mancança de dades i d'investigació específica sobre la IA, cal afegir-hi una paradoxa addicional: la caiguda de la productivitat agregada a la majoria d'economies del món durant la última dècada. Així doncs, a l'actualitat els economistes tenim plantejada una important pregunta: perquè la segona onada de la digitalització —onada que comprèn un ampli conjunt de tecnologies disruptives i convergents, com la IA, la robòtica, les grans dades, la computació al núvol, Internet de les coses, les xarxes socials i professionals, o les plataformes col·laboratives, entre altres— encara no trasllada efectes positius sobre la productivitat i el treball? Durant els últims anys hem fet alguns importants progressos en la resposta, òbviament multidimensional, a aquesta pregunta.



Evolució de la productivitat (PIB/hora treballada). 1970-2017
Font: Elaboració pròpia a partir de dades d'EU-KLEMS.

Una primera línia argumental de resposta està vinculada amb l'experiència passada, amb el que ja hem après en altres fases de transició cap a una nova tecnologia d'utilitat general. En particular, podem inferir que el conjunt d'efectes de la IA sobre la productivitat i el treball no es generalitzaran fins que es materialitzin noves onades d'innovació relacionada. Com a la primera onada digital, la de les TIC i d'Internet no interactiu, s'estan començant a observar relacions de complementarietat entre la IA i la inversió i la innovació en actius intangibles, com el re-disseny dels processos de negoci, la innovació de producte, els canvis organitzatius o les noves habilitats i competències dels treballadors. Però, en general, aquests actius intangibles es mesuren incorrectament i acaben per generar un problema de

mala mètrica de la productivitat, de manera que aquesta corba d'error presentaria forma de J. A les etapes inicials d'adopció d'una tecnologia de propòsit general, les empreses acumularien reserves intangibles de capital i treball (sub-estimació de la productivitat), mentre que a les etapes finals d'adopció, les empreses generarien fluxos de serveis i resultats mesurables a partir d'aquests estocs d'intangibles ocults (sobre-estimació de la productivitat).



La corba J de la productivitat

Font: Brynjolfsson, E., Rock, D., Syverson, Ch. (2018). The productivity J-curve: How intangibles complement general purpose technologies. *National Bureau of Economic Research (NBER) Working Paper*, No. 25148.

Així doncs, una de les raons del baix efecte de la IA sobre la productivitat i el treball radicaria en la sub-estimació de la productivitat i en la manca d'innovacions complementàries, típiques d'aquest estadi tecnològic inicial [11]. De fet, és precisament aquest endarreriment el que ens permet ser optimistes. Amb tota la precaució que cal a l'hora de fer previsions econòmiques per al futur, tot sembla indicar que els febles i parcials efectes de la IA sobre el conjunt de l'activitat econòmica milloraran a mesura que aquesta tecnologia, i especialment el seu conjunt d'inversions i d'innovacions complementàries, es vagin difonent. Dues raons pràctiques i de negoci per l'optimisme. En primer lloc, perquè els incentius són elevats. Empresaris, gerents, treballadors i usuaris tenen a la seva disposició una tecnologia que va estenent els seus usos i disminuint preus amb una aplicabilitat creixent per a aprendre a reconèixer objectes, entendre el llenguatge humà, parlar, fer prediccions precises, resoldre problemes o interactuar amb l'entorn amb més destresa i mobilitat. I, en segon lloc, perquè les aplicacions específiques dels sistemes intel·ligents d'aprenentatge acabaran per generar fortes relacions de complementarietat amb actius intangibles de tota mena. Si ens guiem pel que va succeir durant la primera onada de la digitalització, la valoració dels actius intangibles complementaris a la inversió directa en equipaments de computació (ordinadors) va ser deu vegades més gran. Res fa pensar que, en el cas de la IA, ens movem en valors inferiors.

L’economia de l’intel·ligència artificial

La segona línia argumental de resposta a la falta d’encaix entre la IA i els seus efectes econòmics és la necessitat de construir nous aparells formals, noves teories, models i indicadors d’interpretació econòmica. A partir de la investigació sobre les revolucions industrials, és a dir, el conjunt de canvis disruptius a la tecnologia (tecnologies d’utilitat general) i a l’estructura econòmica (paradigmes tecno-econòmics o cicles econòmics de llarga durada) que s’interconnecten amb canvis socials i cultural de primer ordre, els economistes hem extret una lliçó significativa. En cadascuna de les tres revolucions industrials que hi ha hagut fins al moment, un factor o un conjunt de factors productius es consoliden com a fonts del creixement econòmic, el canvi competencial del treball i l’estructura social. Aquests factors no són mai la tecnologia sobre la qual es sustenta el canvi econòmic. Per exemple, a la primera o a la segona revolució industrial parlem d’economia industrial (fabril), enlloc de l’economia de la màquina de vapor o de l’electricitat. De la mateixa manera, a la tercera revolució industrial parlem d’economia de la informació o del coneixement, enlloc d’economia de les TIC o d’economia digital. En tots tres casos la tecnologia ha determinat millores d’eficiència (productivitat total dels factors) i, fins i tot, l’aparició de nous sectors d’activitat. Però, l’efecte multiplicador, la generació de nous factors de productivitat, s’assoleix quan els béns i serveis generats per la nova onada tecnològica són emprats per la resta d’activitats econòmiques, i interaccionen amb els factors productius, els models de negoci, les estructures de mercat i l’organització de l’economia.

> La investigació sobre la intel·ligència artificial posa de manifest que avancem cap a la construcció d’una nova fase històrica dins del procés general de digitalització

En aquest context, si la IA es pot convertir en la tecnologia bàsica, la base material de la quarta revolució industrial, quin serà el seu factor/s productiu/s clau/s? Quin serà l’input/s bàsic/s que expliqui/n els avenços de productivitat, el creixement econòmic, els canvis competencials del treball i l’estructura social? Encara és molt aviat per a respondre a aquesta pregunta fonamental. Però, ja podem començar a intuir que ens dirigim cap a la importància decisiva de les tasques (*tasks*) i micro-tasques (*micro-tasks*). L’economia i la societat *multi-tasca* o *tasca-massiva* encara estan en un estat molt embrionari, però la investigació sobre la IA ja ens posa de manifest que caminem cap a la consolidació d’una nova tecnologia d’utilitat general, que avancem cap a la construcció d’una nova fase històrica dins del procés general de digitalització. Només amb el temps serem capaços de respondre com aquesta nova tecnologia d’utilitat general, d’una banda, interacciona amb la resta de l’economia, determina nous factors de productivitat i genera un nou cicle econòmic de llarga durada i, de l’altra, interacciona amb l’estructura social i la cultura confegint una quarta revolució industrial.

Una de les formes d'entendre la relació històrica entre tecnologia i treball és a través del procés de substitució d'habilitats (*skill-biased technological change*). Quan una tecnologia s'incorpora a un procés de negoci o a un treball generalment es produeix un procés de substitució d'habilitats, que actua sobre les competències dels treballadors i executius. A partir d'aquest procés (per exemple, el canvi competencial necessari per a interactuar amb els ordinadors, Internet o els algorismes d'IA) s'estableix un ampli conjunt d'interaccions mediatitzades per factors personals, educatius, organitzatius, estratègics, de negoci o, fins i tot, de política pública. En funció d'aquestes interaccions els efectes de la substitució d'habilitats sobre el treball poden ser positius o negatius. Generalment, i a través dels mecanismes compensatoris vinculats amb l'estalvi de costos, els avenços de productivitat i els augments de demanda, el valor i el treball perduts en el curt termini es compensen amb el valor i el treball generats per les noves i més eficients iniciatives de negoci en el llarg termini.

A l'època industrial, quan el treball era homogeni i rutinari, la substitució de competències per part de la tecnologia equiparava les tasques amb les persones. Amb els processos d'especialització flexible i la terciarització de l'economia, la tecnologia va acabar per substituir competències i tasques rutinàries, i per complementar competències i tasques no rutinàries. D'aquesta manera, es va començar a distingir entre treballadors i tasques. Amb la irrupció de la digitalització, i especialment amb la progressiva generalització dels processos d'automatització que impulsen la robòtica i la IA, la substitució i la complementarietat de tasques assoleix noves dimensions. Avui, les persones ja són una funció de producció, de manera que la majoria de tasques o micro-tasques que realitzen a la seva feina interactuen amb la tecnologia, que en substitueix algunes i en complementa altres [12]. Especialment interessant és el cas de la interacció entre la IA i les plataformes d'economia col·laborativa. És a dir la utilització d'algorismes d'aprenentatge ales plataformes digitals d'igual a igual (*peer-to-peer*, P2P) on s'intercanvien accessos o usos de tota mena de béns i serveis per sobre de la propietat (per exemple, Uber o Airbnb). En aquest cas, les funcions tradicionals de producció, treball i consum es veuen diluïdes significativament, amb una clara combinació de rols [13].

> Cal que acompanyem aquest camí amb la dotació a les persones de les competències adequades perquè interactuïn amb la IA, i amb polítiques actives d'ocupació que minimitzin els costos de la transició

En el context dels intercanvis massius que possibilita la utilització de la IA, per exemple a les plataformes col·laboratives, però també en la convergència amb altres tecnologies com la robòtica, la impressió 3D o Internet de les coses, la dràstica reducció de costos de transacció debilita clarament la idea de l'empresa com alternativa al mercat. En certs aspectes retornem als models organitzatius previs a la revolució industrial. La "plataformització" de l'economia posa novament de relleu la importància del mercat, en detriment de l'empresa, en el sentit que s'incentiva la possibilitat d'intercanvis massius

entre usuaris i proveïdors de plataformes, sense la intermediació d'una organització de la producció. Ara bé, els mercats de plataforma són molt diferents dels intercanvis tradicionals i, fins i tot, dels intercanvis digitals de la primera generació. La transició cap a aquests intercanvis de plataforma ha de considerar aquestes diferències en el comportament dels agents i l'estructura dels mercats, a l'hora que ha d'atendre la "desintermediació" i la "desorganització" que suposen les plataformes com alternatives als models de negoci organitzats des de les empreses.

Un últim aspecte a destacar com a resultat de l'aplicació econòmica de la IA és l'evolució del concepte de xarxa. A través de la dilució de les figures econòmiques tradicionals i de la progressiva importància de les tasques, les estructures de mercat adquireixen dues o més cares o cues (*two-sided markets)*. A diferència de la primera onada digital, on les economies de xarxa interconnectaven múltiples nodes però sense modificar la naturalesa dels agents econòmics, a l'economia de tasques que impulsa la IA els efectes de xarxa connecten tasques o micro-tasques sense importar quina sigui la naturalesa de l'agent que fa la tasca. Aquest canvi és fonamental perquè confereix a les estructures organitzatives de la producció i dels mercats una important novetat: la seva doble cara. Els intercanvis de doble cara es caracteritzen pel fet que els usuaris d'un costat del mercat es beneficien de la participació de l'altre costat del mercat. Per tant, els usuaris d'ambdós costats es beneficien de l'augment de la dimensió de cada cara del mercat. És a dir, el valor pels usuaris en un costat del mercat (per exemple la provisió d'algorismes d'IA en una plataforma) és una combinació lineal del nombre d'usuaris de l'altre costat del mercat (per exemple, els usos d'aquests algorismes a la mateixa plataforma), i viceversa. Les implicacions dels mercats de tasques de doble cara per a l'emprenedoria, la innovació i l'estratègia empresarial són múltiples, i moltes d'elles encara inexplorades.

Corol·lari: la intel·ligència econòmica de la intel·ligència artificial

Acabem de constatar que la intel·ligència artificial, especialment els seus sistemes d'aprenentatge, comença a obrir les portes a un canvi disruptiu a la manera com organitzem l'activitat empresarial, l'economia i el treball. Les primeres utilitzacions de la IA, molt vinculades a la robòtica, han generat clares millores de productivitat, a l'hora que esbiaixaven la balança laboral cap un procés de substitució. Ara bé, en les seves evolucions més recents i nombroses, els sistemes d'aprenentatge intel·ligent, les seves plataformes tecnològiques i els mètodes d'invenció i d'innovació complementaris obren les portes a un oceà de noves oportunitats, especialment a les activitats d'anàlisi de dades digitals i a la professionalització dels serveis d'atenció a empreses i persones. En aquest nou camí el balanç laboral es podria esbiaixar clarament cap un procés de complementarietat de tasques, que incentivi les capacitats d'anàlisi, creativitat i comunicació del treball humà. Això sí, cal que acompanyem aquest camí amb la dotació a les persones de les competències adequades perquè interactuïn amb la IA, i amb polítiques actives d'ocupació que minimitzin els costos de la transició. Aquí sí, res de nou: aplicar la intel·ligència econòmica a la intel·ligència artificial.

REFERÈNCIES

1 — Per a una descripció de la intel·ligència artificial, les seves aplicacions, història i filosofia vegeu:
• Nilsson, N.J. (2009). *The Quest for Artificial Intelligence: A History of Ideas and Achievements*. Cambridge, MA: Cambridge University Press
• Russell, S. J., Norvig, P. (2016). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Malaysia: Pearson Education Limited.
• Neapolitan, R.E., Jiang, X. (2018). *Artificial Intelligence: With and Introduction to Machine Learning*. Boca Raton, FL: CRC Press.
• Floridi, L. (2019). What the near future of Artificial Intelligence could be. *Philosophy & Technology*.
2 — Acemoglu, D., Restrepo, P. (2019). The wrong kind of AI? Artificial intelligence and the future of labor demand. *National Bureau of Economic Research (NBER) Working Paper, No. 25682*.
3 — Daugherty, P., Wilson, P.H. (2018). *Human + Machine: Remaining Work in the Age of AI*. Boston, MA: Harvard Business Review Press.
4 — Torrent-Sellens, J. (2004). *Innovació tecnològica, creixement econòmic i economia del coneixement*. Barcelona: Consell de Treball, Econòmic i Social de Catalunya (CTESC), Generalitat de Catalunya.
5 — Per a una explicació de les tecnologies d'utilitat general i el seus efectes empresarials, econòmics i socials, vegeu:
• Bresnahan, T.F., Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies "engines of growth"? *Journal of Econometrics*, 65: 83-108.
• Helpman, E. (Ed.) (1998). *General Purpose Technologies and Economic Growth*. Cambridge, MA: MIT Press.
• Jovanovic, B., Rousseau, P.L. (2005). General purpose technologies. A, Aghion, P., Durlauf, S.F. (Eds.). *Handbook of Economic Growth*. Amsterdam: North-Holland/Elsevier. Vol. 1, pp. 1181-1224.
• Bodrozic, Z., Adler, P.S. (2018). The evolution of management models: A neo-Schumpeterian theory. *Administrative Science Quarterly*, 63: 85-129.
6 — 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.
7 — Els camps científics identificats en aquest àmbit de la IA són: "machine learning", "neural network/s", "reinforcement learning", "logic theorist", "bayesian belief networks", "unsupervised learning", "deep learning", "knowledge representation and reasoning", "crowdsourcing and human computation", "neuromorphic computing", "decision making", i "machine intelligence".
8 — Vegeu:
• Trajtenberg, M. (2018). AI as the next GPT: A Political-Economy Perspective. *National Bureau of Economic Research (NBER) Working Paper*, No. 24245.
• Acemoglu, D., Restrepo, P. (2019). The wrong kind of AI? Artificial intelligence and the future of labor demand. *National Bureau of Economic Research (NBER) Working Paper*, No. 25682.

9 — Vegeu:
• Graetz, G., Michaels, G. (2018). Robots at work. *Review of Economics and Statistics*, 100: 753-768.
Per al nivell empresarial, especialment per als teixits de PIMES, els resultats obtinguts són molt més modestos. Vegeu:
• Torrent-Sellens, J., Díaz-Chao, A. (2018). Coneixement, robòtica i productivitat a la PIME industrial catalana: evidència empírica multidimensional. A, Ferràs, X., Alcoba, O., Torrent-Sellens, J. (Coords.). *Transformació Digital i Intel·ligència Artificial*. Barcelona: Col·legi d'Economistes de Catalunya, pàgs. 91-126.

10 — Vegeu:
• Autor, D., Salomons, A. (2018). Is automation labor share–displacing? Productivity growth, employment, and the labor share. *Brookings Papers on Economic Activity*. Spring: 1-63.10.
• Bessen, J. (2018). AI and jobs: the role of demand. *National Bureau of Economic Research (NBER) Working Paper*, No. 24235.

11 — Vegeu:
• Brynjolfsson, E., Rock, D., Syverson, Ch. (2017). Artificial intelligence and the modern productivity paradox: A clash of expectations and statistics. *National Bureau of Economic Research (NBER) Working Paper*, No. 24001.
• Brynjolfsson, E., Rock, D., Syverson, Ch. (2018). The productivity J-curve: How intangibles complement general purpose technologies. *National Bureau of Economic Research (NBER) Working Paper*, No. 25148.

12 — En aquest context, darrerament han aparegut noves formalitzacions de les funcions de producció, que interpreten l'activitat de producció com una agregació de tasques que interactuen amb les tecnologies de l'automatització. Vegeu:
• Acemoglu, D., Restrepo, P. (2018). The race between machine and man: Implications of technology for growth, factor shares and employment. *American Economic Review*, 108: 1488-1542.

13 — Torrent-Sellens, J. (2019). Collaborative behavior and the sharing economy: Pan-European evidence for a new economic approach. A, Orlando, B. (Ed.). *Strategy and Behaviors in the Digital Economy*. London: IntechOpen, pp. 1-19.



Joan Torrent-Sellens

Joan Torrent-Sellens és economista llicenciat per la UAB i doctor en Societat de la Informació i el Coneixement per la Universitat Oberta de Catalunya. Actualment exerceix com a professor dels estudis d'Economia i Empresa de la UOC. També és membre del grup de recerca ONE (Observatori de la Nova Economia) de l'IN3, així com director del grup interdisciplinari d'investigació sobre les TIC (i2TIC). La seva activitat de recerca se centra en l'anàlisi de l'economia del coneixement i en com de vinculades es troben les TIC i el treball, l'economia, la societat i les polítiques públiques. Entre els seus llibres destaquen *Innovació tecnològica, creixement econòmic i economia de el coneixement* (CTESC, 2004), *Principis d'economia del coneixement* (Piràmide, 2005) i *L'empresa xarxa. Tecnologies de la informació i la comunicació, productivitat i competitivitat* (Ariel, 2008).