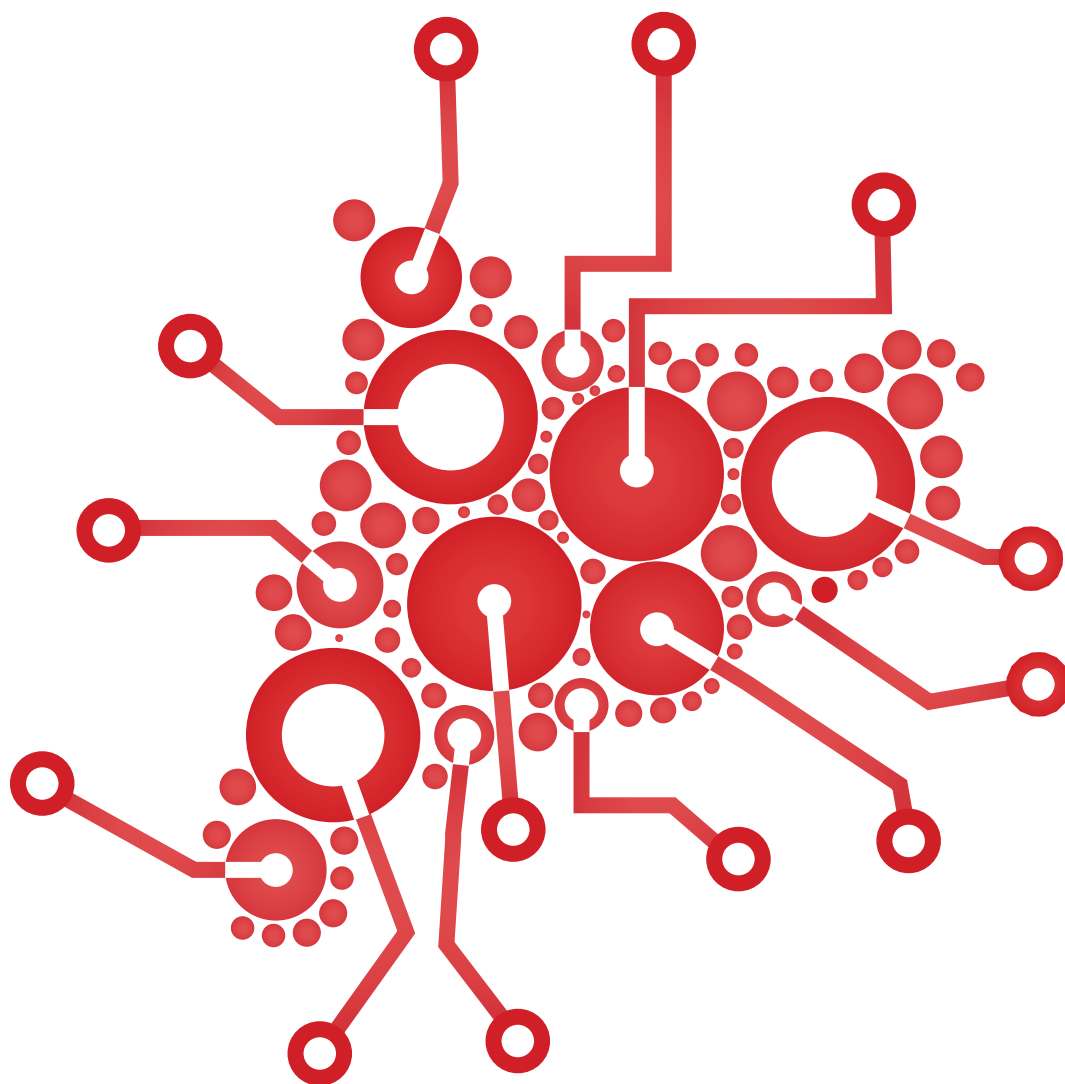


CATALONIA.AI

L'Estratègia d'Intel·ligència Artificial de Catalunya



Generalitat
de Catalunya

L'ESTRATÈGIA D'INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL DE CATALUNYA



Autor:

Generalitat de Catalunya
Departament de Polítiques Digitals i Administració Pública
Secretaria de Polítiques Digitals

Col·laboradors:

Grup de treball per a la definició de l'Estratègia d'intel·ligència artificial de Catalunya.
Departament d'Empresa i Coneixement mitjançant la Secretaria d'Universitats i Recerca i ACCIÓ.

Barcelona, Febrer de 2020

1. INTRODUCCIÓ	3
2. LA INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL I L'IMPACTE DEL SEU DESPLEGAMENT	6
2.1 LA INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL	6
2.2 LA INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL AL MÓN	7
2.3 SECTORS D'IMPACTE DE LA INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL	10
2.4 DIRECTIUS ÈTIQUES PER UNA INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL FIABLE	12
3. CAPACITATS DISPONIBLES A CATALUNYA	15
3.1 ECOSISTEMA DE CONEIXEMENT	15
3.2 ECOSISTEMA D'EMPRESES TECNOLÒGIQUES	19
3.3 INFRAESTRUCTURES CIENTÍFIQUES I TECNOLÒGIQUES	23
3.4 ANÀLISI DAFO DE L'ECOSISTEMA INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL DE CATALUNYA	27
4. CATALONIA.AI: L'ESTRATÈGIA D'INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL DE CATALUNYA	28
4.1 OBJECTIUS I VALORS	28
4.2 EIXOS ESTRATÈGICS D'ACTUACIÓ	29
5. CONCLUSIONS	55
6. SIGLES	57
APÈNDIX I. LA INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL A LES UNIVERSITATS CATALANES	59
APÈNDIX II. CENTRES DE RECERCA I INNOVACIÓ QUE TREBALLEN AMB INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL	70

1. Introducció

La intel·ligència artificial és una tecnologia digital avançada que permet a les màquines reproduir o superar algunes de les habilitats que requereixen intel·ligència quan són realitzades per humans. Això inclou tecnologies que permeten a les màquines aprendre i adaptar-se, sentir i interactuar, raonar i planificar, optimitzar els procediments i paràmetres, per extreure coneixement de grans quantitats de dades i operar de manera autònoma.

La intel·ligència artificial és una realitat que ja està influenciant les nostres decisions, la nostra seguretat, les estratègies de màrqueting i comunicació i fins i tot els nostres tractaments mèdics. Les màquines encara no tenen una intel·ligència generalista ni s'ha aconseguit dotar-les de sentit comú, però disposen d'intel·ligències per a tasques molt concretes, que superen l'eficiència de la intel·ligència humana. Aquest fet està generant una onada d'adopció entusiasta d'aquesta disciplina en moltes àrees de la nostra vida sense que s'estigui valorant amb profunditat els impactes ètics i legals amb els riscos que això suposa.

En aquests darrers temps la intel·ligència artificial ha esdevingut una de les tendències tecnològiques que més transcendència i capacitat de canvi pot tenir de manera transversal en molts àmbits: la societat, l'economia, la indústria, la cultura, l'ecologia, la mobilitat, l'Administració pública i l'ètica. Degut a aquesta transversalitat es fa necessari tenir en consideració a tots els agents possibles. La contribució i la convergència de diferents visions resulta enriquidora i necessària per a un desenvolupament sostenible i integrador de la intel·ligència artificial.

El sector de la intel·ligència artificial experimentarà un gran creixement entre el 2020 i el 2030. Es calcula que el 2021 el 80% de les interaccions que es realitzaran en línia seran automatitzades, entre bots¹ intel·ligents, que funcionaran a partir de la intel·ligència artificial, i humans, a través de xats o aplicacions que funcionin amb la veu, i que oferiran d'aquesta manera una experiència única i personalitzada. S'espera que el mateix any més d'un 90% d'empreses d'arreu del món adoptin algun tipus de solució o aplicació d'intel·ligència artificial. Algunes de les aplicacions més destacades seran en els àmbits de la ciberseguretat, la intel·ligència de negoci i l'anàlisi de mercat, entre d'altres.

En aquest sentit, molts estats ja disposen d'una estratègia en l'àmbit de la intel·ligència artificial, sota la qual articulen inversions estratègiques per potenciar les seves capacitats en intel·ligència artificial, entre els quals destaquen els Estats Units, Israel, el Canadà, la Xina, Singapur, Corea del Sud, l'Índia, Nova Zelanda i, a escala europea, el Regne Unit, França i Finlàndia. Tots ells disposen d'unes estratègies similars que convergeixen en l'ètica de la seva aplicabilitat, el protagonisme que han d'assolir els serveis públics i la necessitat de potenciar la recerca, la formació i el talent acadèmic i emprenedor.

En aquesta línia, el 25 d'abril de 2018, la Comissió Europea va adoptar la seva estratègia d'intel·ligència artificial per a Europa² amb la qual va iniciar un pla coordinat amb els estats membres per fomentar el desenvolupament i l'ús de la intel·ligència artificial a Europa. En aquest marc, la Comissió ha demanat

¹ Un bot (diminutiu de robot) és un programa que imita comportaments humans, que realitza tasques automatitzades i que es comunica amb l'usuari. Pot tenir un grau més o menys sofisticat d'IA integrat, la qual cosa li permet realitzar més o menys tasques.

² https://ec.europa.eu/spain/barcelona/news/press_releases/180425_ca.

als estats membres que aprovin la seva estratègia nacional d'intel·ligència artificial i que aquesta estratègia estigui focalitzada en quatre àrees clau: incrementar la inversió, fer més dades disponibles, fomentar el talent i garantir la confiança en la intel·ligència artificial. Una coordinació més forta és essencial perquè Europa es converteixi en la regió líder mundial en el desenvolupament i la implementació d'una intel·ligència artificial avançada, ètica i segura.

Catalunya té una llarga història en el lideratge de la innovació tecnològica i el desenvolupament de talent, des de la primera revolució industrial, al primer ferrocarril, passant per nombroses fites socials, industrials i econòmiques, fins a disposar en aquest àmbit concret del MareNostrum³, un dels supercomputadors més reconeguts a escala internacional, que recentment ha rebut el finançament de la CE per construir el MareNostrum 5, que multiplicarà per 17 la potència actual i es convertirà en el supercomputador més potent d'Europa. En el camp de la intel·ligència artificial també ha estat així i una bona mostra n'és l'excel·lent comunitat científica i acadèmica, de gran prestigi internacional, que situa les universitats, els centres de recerca i tecnològics [catalans] entre els més punters d'Europa en aquest camp.

Catalunya, tal com palesa aquest document, disposa de les capacitats i potencialitats per posicionar el país en una situació privilegiada per liderar el desenvolupament i l'adopció de la intel·ligència artificial al sud d'Europa i per posicionar-lo com un pol tecnològic mundial en intel·ligència artificial, i és per aquests motius que el Govern de la Generalitat de Catalunya ha prioritzat l'elaboració i la posada en marxa de la Estratègia d'intel·ligència artificial de Catalunya.

L'Estratègia d'intel·ligència artificial de Catalunya és una iniciativa coordinada pel Departament de Polítiques Digitals i Administració Pública, amb la col·laboració del Departament d'Empresa i Coneixement i la participació de la resta de departaments de la Generalitat de Catalunya. L'Estratègia desplegarà un pla multisectorial, transversal i centrat en les persones, que prioritzarà sectors com la salut, la mobilitat, la sostenibilitat, l'economia productiva, el sector agroalimentari i els serveis públics, i que es concretarà en un pla d'actuació al voltant dels eixos que es detallen a continuació.

- **Ecosistema:** impulsar un model de governança transversal que doni suport al desenvolupament d'un ecosistema d'intel·ligència artificial coordinat i connectat amb el món.
- **Recerca i innovació:** potenciar la recerca i la innovació mitjançant l'aplicació d'instruments específics i l'establiment de sinergies entre l'Administració, els centres de recerca i innovació especialitzats i les organitzacions usuàries intenses en intel·ligència artificial.
- **Talent:** crear, atraure i retenir el talent especialitzat que impulsi el desenvolupament de solucions d'intel·ligència artificial i la transferència de coneixement a la societat, a la vegada que capacita la ciutadania i els professionals d'altres sectors per afrontar els seu impacte.
- **Infraestructures i dades:** disposar de les infraestructures necessàries per al desenvolupament de la intel·ligència artificial i facilitar l'accés segur a les dades públiques i privades.
- **Adopció de la intel·ligència artificial:** impulsar la incorporació de la intel·ligència artificial com a motor d'innovació en l'Administració i en sectors estratègics com l'agroalimentari, la salut, la educació, el medi ambient, la mobilitat, el turisme, la cultura i la indústria, entre d'altres.

³ <https://www.bsc.es/ca/marenostrum/marenostrum>.

- **Ètica i societat:** promoure el desenvolupament d'una intel·ligència artificial ètica, que respecti la legalitat vigent, sigui compatible amb les nostres normes socials i culturals, i estigui centrada en les persones.

Per a la realització de l'Estratègia es va constituir un grup de treball que ha comptat amb la participació, a més dels membres del Govern, d'alguns dels experts més rellevants en intel·ligència artificial del país, que han aportat la seva visió sobre la situació actual i el futur desenvolupament de la intel·ligència artificial a Catalunya. Concretament, els experts que han format part d'aquest grup són:

- Prof. Dr. Ricardo Baeza-Yates, CEO de NTENT, director de Ciència de les Dades a la Northeastern University a Silicon Valley (EUA) i catedràtic d'Informàtica a la UPF.
- Prof. Dra. María Casado, catedràtica de Filosofia del Dret, directora de l'Observatori de Bioètica i Dret - Càtedra Unesco de Bioètica. Facultat de Dret de la Universitat de Barcelona.
- Prof. Dr. Ulises Cortés, del Dept.de Ciències de la Computació de la UPC. Coordinador científic al Centre de Supercomputació de Barcelona del Grup d'Alt Rendiment en Intel·ligència Artificial.
- Dr. Sergi Figuerola, director Tecnològic i d'Innovació de la Fundació I2CAT.
- Prof. Dra. Karina Gibert, catedràtica d'Intel·ligència en Ciència de les Dades i de Recerca en Intel·ligència Artificial (IDEAI-UPC), vicedegana de Big Data, Ciència de les Dades i Intel·ligència Artificial del Col·legi Oficial d'Enginyeria Informàtica de Catalunya (COEINF).
- Prof. Dra. Elisabet Golobardes Ribé, Catedràtica i Investigadora en Intel·ligència Artificial i Ciència de les Dades. Departament d'Enginyeria, La Salle - Universitat Ramon Llull.
- Dimosthenis Karatzas, director associat del Centre de Visió per Computador.
- Dr. Josep Lladós, director del Centre de Visió per Computador.
- Prof. Ramon López de Mantaras, director de l'Institut de Recerca en Intel·ligència Artificial (IIIA-CSIC). Professor adjunt a la Western Sydney University i a la University of Technology Sydney.
- Dr. Josep Maria Martorell, director associat del Centre de Supercomputació de Barcelona.
- Joan Mas, director de la divisió de tecnologies digitals d'Eurecat.
- Dr. Marc Torrent Moreno, director del centre d'excel·lència BigData Barcelona. Eurecat.
- Prof. Dr. Oriol Pujol Vicerector de Transformació Digital. Universitat de Barcelona.

Amb les conclusions del Grup de Treball es va elaborar un document de bases de l'Estratègia d'Intel·ligència artificial de Catalunya, que va ser objecte d'un procés participatiu per permetre a totes les persones i entitats interessades fer-hi aportacions. El document final de l'Estratègia d'Intel·ligència artificial de Catalunya, sota el nom de CATALONIA.AI, recull totes les aportacions i preveu tot allò que Catalunya conté, ofereix i disposa per esdevenir un cas d'èxit a escala mundial en el desplegament de la intel·ligència artificial, així com en les polítiques que el Govern de la Generalitat de Catalunya posarà en marxa per tal d'assolir-ho.

Després d'una explicació sobre què és i quin impacte tindrà la intel·ligència artificial en la societat i la situació actual del seu desenvolupament a escala internacional, aquest document inclou una anàlisi sobre les capacitats actuals de Catalunya en aquest camp i presenta finalment els objectius i actuacions associades als diferents eixos d'actuació de CATALONIA.AI, que preveu el treball conjunt del sector públic, el sector privat, el sector acadèmic, els centres de recerca i innovació, les organitzacions, les fundacions i els organismes internacionals per a un desenvolupament ètic de la intel·ligència artificial a Catalunya que es tradueixi en la millora social i econòmica del país i de les seves persones.

2. La intel·ligència artificial i l'impacte del seu desplegament

2.1 La intel·ligència artificial

La intel·ligència artificial és una disciplina de la informàtica, dedicada al desenvolupament d'algorismes, que permet a una màquina prendre decisions intel·ligents o, si més no, comportar-se com si tingués una intel·ligència semblant a la humana. La intel·ligència artificial comparteix conceptes i tècniques amb altres disciplines acadèmiques com per exemple les matemàtiques. Hi ha moltes definicions del concepte d'intel·ligència artificial. La definició més citada és la de John McCarthy que data del 1956, la qual afirma que "és fer que una màquina es comporti d'una manera que seria considerada intel·ligent en un humà." D'altra banda, Andreas Kaplan i Michael Haenlein defineixen la intel·ligència artificial com "la capacitat que té un sistema per interpretar dades externes correctament, aprendre d'aquestes dades, i fer servir els coneixements adquirits per completar tasques i assolir objectius específics mitjançant una adaptació flexible".

La intel·ligència artificial té aplicabilitat en infinitat de camps i sectors, les seves aportacions potencials –algunes ja presents i molt significatives– fan que disciplines com l'ètica, el dret, la psicologia, la filosofia, l'economia, el màrqueting digital, l'enginyeria, la salut, la sociologia, la biologia i moltes altres estiguin implicades en el seu desenvolupament i aplicabilitat. És per aquest motiu que un dels valors més importants i significatius que aporta la intel·ligència artificial és el treball d'equips multidisciplinaris, amb diferents visions, però amb un mateix objectiu.

El caràcter multidisciplinari de la intel·ligència artificial és un dels trets característics que acabem de comentar, però n'hi ha més: la capacitat de catalitzar solucions a problemes molt diversos, l'estret lligam amb les capacitats computacionals, la necessitat de disposar de dades suficients i correctes i, finalment, el talent humà i la creativitat per aconseguir els objectius desitjats.

La intel·ligència artificial és una de les disciplines que més poder i influència tindrà en el model de societat i d'economia del futur. Aquest poder transformador incidirà notablement en l'economia, alguns estudis assenyalen que el 2030 la intel·ligència artificial provocarà un increment addicional de 15,7 bilions de dòlars del PIB mundial⁴. En l'àmbit de l'Estat es podria traduir en un increment del 0,8% del PIB. El món laboral, la concepció del treball, les feines i els processos industrials, com també l'educació i, en general, tots els serveis públics hauran d'adoptar nous models i transformar-se.

En tot aquest canvi que ja ha començat, els governs i les administracions públiques han d'exercir la responsabilitat que els pertoca i fomentar i adoptar l'ús extens de la intel·ligència artificial prioritzant, l'ètica, amb l'objectiu de millorar el benestar de les persones; la seguretat dels desenvolupaments de solucions; la cura dels recursos naturals; eliminar la discriminació per gènere; l'accés a la tecnologia i la informació vetllant per la transparència, i la vigilància de l'ús indegut de les dades i/o dels algorismes.

⁴ "Sizing the prize. What is the real value of AI for your business and how can you capitalize" elaborat per PwC.

En aquest sentit, molts estats ja disposen d'una estratègia en l'àmbit de la intel·ligència artificial, amb la qual articulen inversions estratègiques per potenciar les seves capacitats en intel·ligència artificial, entre els quals destaquen els Estats Units, el Canadà, la Xina, Singapur, Corea del Sud, l'Índia, Nova Zelanda i, a escala europea el Regne Unit, França i Finlàndia. Tots ells disposen d'unes estratègies similars que convergeixen en l'ètica de la seva aplicabilitat, el protagonisme que han d'assolir els serveis públics i la necessitat de potenciar la recerca, la formació i el talent acadèmic. Aquestes estratègies estan fortament emparades per un pressupost provinent en gran part d'institucions públiques, però amb un destacat component privat.

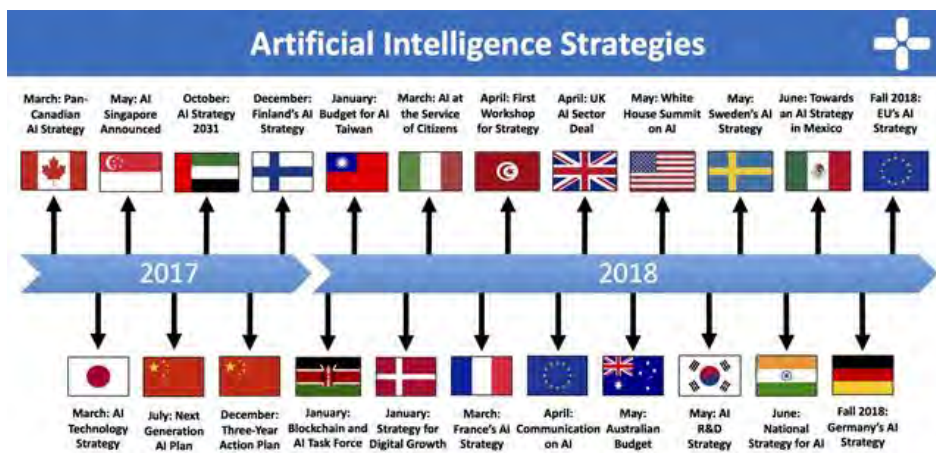


Figura 1. Estratègies nacionals d'intel·ligència artificial per any d'implantació.
Font: "An Overview of National AI Strategies" - Politics + AI.

En aquesta línia, el 25 d'abril de 2018, la Comissió Europea va aprovar una comunicació en la qual defineix les bases per a una Estratègia europea d'intel·ligència artificial mitjançant un pla coordinat amb els estats membres per fomentar el desenvolupament i l'ús de la intel·ligència artificial a Europa. En aquest pla, presentat el 7 de desembre de 2018⁵, la Comissió Europea es marca com a objectiu mobilitzar una inversió pública i privada de 20 mil milions d'euros per al període 2018-2020.

En aquest marc, la Comissió ha demanat als estats membres que adoptin la seva estratègia nacional d'intel·ligència artificial, definida a mitjans del 2019, i que aquesta estratègia estigui focalitzada en quatre àrees clau: incrementar la inversió, garantir dades disponibles, fomentar el talent i construir un marc de confiança en la intel·ligència artificial.

2.2 La intel·ligència artificial al món

Els Estats Units d'Amèrica (EUA) són clarament el líder del mercat per a la intel·ligència artificial. De manera notable, els EUA tenen l'ecosistema intel·ligència artificial més fort en termes de finançament,

⁵ http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-6689_es.htm.

nombre d'empreses i abast global. El 40% de les empreses d'intel·ligència artificial estan ubicades a Amèrica. El nombre seria encara més gran si tinguéssim en compte que les empreses més rellevants d'intel·ligència artificial tenen una oficina de vendes o seus als Estats Units, mentre que el seu equip de tecnologia principal està ubicat en un altre lloc, com ara Polònia, Israel o França. El lideratge d'Amèrica és el resultat d'un ecosistema digital madur, ben finançat i pròsper com és el clar i evident cas de Silicon Valley i les àrees metropolitanes de Nova York i Boston. Més de 16 agències governamentals ajuden les empreses d'intel·ligència artificial econòmicament i políticament (incloent-hi la DARPA, la CIA i l'NSA).

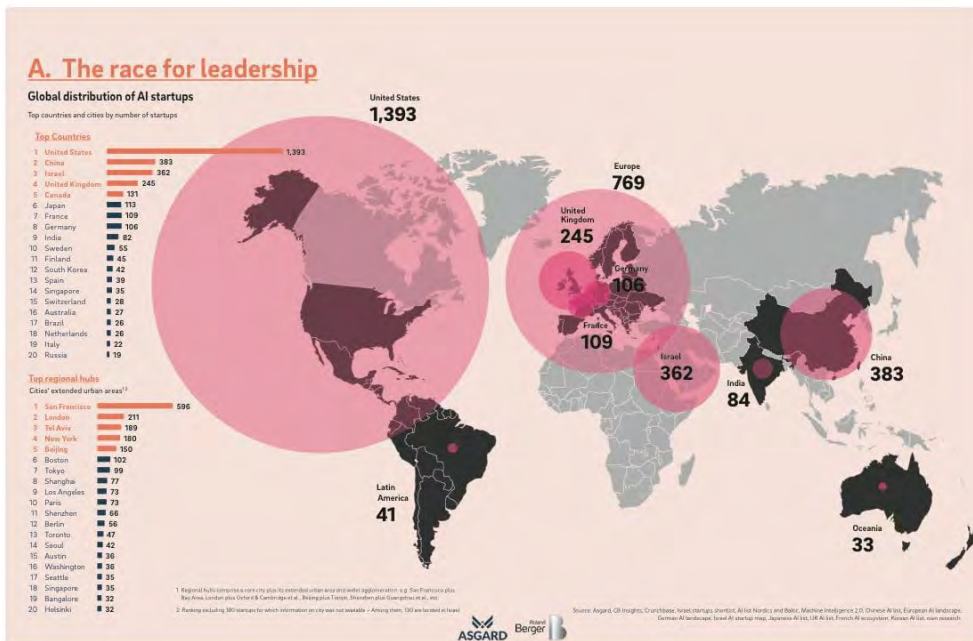


Figura 2. Principals regions mundials en start-ups d'IA.

Font: Asgard & Roland Berger.

Els EUA també tenen destacades universitats (com Stanford i MIT), a més de grans corporacions amb una potent capacitat de recerca (com Google i DeepMind, Microsoft, Facebook, Amazon, Apple i IBM). Els EUA són un model a seguir pel que fa a la manera com una indústria tecnològica pot créixer amb força quan convergeixen l'estimulació governamental, la recerca aplicada per part de les universitats i corporacions, l'emprenedoria, el finançament privat i un pròsper mercat. Val la pena mencionar que les polítiques d'immigració de l'actual govern nord americà estan provocant una certa fuga de talent en el sector de la recerca en intel·ligència artificial cap a altres ecosistemes, concretament un de ben atractiu com és el canadenc.

La Xina ocupa la segona posició mundial, amb les dades existents i que s'han pogut analitzar. Aproximadament l'11% de totes les empreses d'intel·ligència artificial estan ubicades a la Xina, que ha anunciat públicament la seva intenció de ser capdavantera mundial per intel·ligència artificial al 2030 (Alibaba, Baidu, Huawei i ZTE són exemples de corporacions gegants a la Xina). La intel·ligència artificial

forma part de l'ambiciós pla de desenvolupament del país durant 5 anys. El govern invertirà milers de milions en centres de recerca a Beijing i Shenzhen. El mercat d'inici està molt ben finançat i les valoracions són encara més altes que a Silicon Valley. La Xina té el major creixement en publicacions acadèmiques editades i una gran quantitat d'iniciatives en intel·ligència artificial. La Xina demostra que amb la voluntat política, el finançament adequat i una estratègia clara, un país pot esdevenir un influent jugador d'intel·ligència artificial en qüestió d'anys.

Israel és un líder tecnològicament capdavanter i ocupa el tercer lloc del món en solucions d'intel·ligència artificial. Amb només 8,5 milions de ciutadans, Israel té una quota de mercat de l'11% i és igual a la Xina. Israel té 40 vegades més empreses d'intel·ligència artificial *per capita* que el líder del mercat, els Estats Units, i això el fa un referent indiscutible de la intel·ligència artificial a escala mundial. Una de les raons que expliquen aquest lideratge és l'estreta connexió entre el sector militar i el sector digital. No obstant això, Israel té una llarga història d'empreses tecnològiques, no només per intel·ligència artificial. Hi ha universitats de qualitat (com Technion, Bar-Illan, Ben-Gurion, Jerusalem) i un fort ecosistema empresarial a la ciutat de Tel-Aviv.

En el mapa europeu, el Regne Unit és el país capdavanter en intel·ligència artificial. Amb una quota de mercat del 7%, el Regne Unit està molt ben situat internacionalment per aconseguir i atraure finançament, talent i recerca. Londres és un centre financer global i, per tant, el finançament de les companyies d'intel·ligència artificial al Regne Unit és significativament superior en comparació amb altres països europeus. A més, el govern del Regne Unit ha creat durant anys un entorn empresarial i d'inversió molt potent i focalitzat en aquest sector i té excel·lents universitats (com Oxford i Cambridge).

Canadà és un referent i actualment ocupa el número cinc en el rànquing mundial de la intel·ligència artificial. Canadà promou la política amigable a l'emprenedoria, però sorprenentment és similar en quota de mercat (3,8%) al Japó (3,1%), França (3,1%) i Alemanya (3%). Totes quatre són economies fortes amb un gran mercat intern. No obstant això, comparats en funció de la seva economia, els esforços de França i Alemanya per desenvolupar la capacitat de lideratge de la indústria d'intel·ligència artificial són petits en contraposició als Estats Units, Xina i Israel. El mateix passa amb molts altres països com l'Índia (9), Espanya (13), el Brasil (17) i Rússia (20). La majoria d'aquests països tenen un dèficit enorme d'empreses d'intel·ligència artificial, tret que aquests països inverteixin significativament més esforç i capital per reduir el seu dèficit d'intel·ligència artificial, dependran en gran mesura de les solucions d'intel·ligència artificial de la Xina, els EUA i Israel. Cal destacar l'oportunitat d'establir relacions internacionals amb aquests ecosistemes mitjançant la xarxa de 40 oficines de foment de la internacionalització, la cooperació tecnològica i la innovació que té la Generalitat de Catalunya a través d'ACCIÓ.

A finals de 2018 Europa ha presentat a Barcelona el seu projecte AI4EU⁶. AI4EU és el projecte emblemàtic de la Unió Europea en intel·ligència artificial i és l'empremta europea en el context mundial de la intel·ligència artificial que vol desenvolupar un ecosistema europeu d'intel·ligència artificial, que reuneix els coneixements, els algorismes, les eines i els recursos disponibles i el

⁶ <https://www.ai4eu.eu>

converteix en una solució convincent per als usuaris. La participació catalana en aquest projecte està liderada pel BSC-CNC, la UPC i ATOS. També cal destacar les iniciatives impulsades per la comunitat d'intel·ligència artificial europea com són CLAIRE⁷ i ELLIS⁸, amb les quals es vol impulsar una xarxa de laboratoris de recerca en intel·ligència artificial a Europa.

2.3 Sectors d'impacte de la intel·ligència artificial

La intel·ligència artificial és una tecnologia que ofereix un gran potencial i moltes expectatives econòmiques en tots els mercats. Segons un estudi elaborat per PwC⁹, l'impacte econòmic que tindrà la intel·ligència artificial sobre el PIB global vindrà, principalment, de la mà de quatre àmbits: augment de la productivitat gràcies a l'automatització de processos (incloent-hi l'ús de robots i vehicles autònoms); augment de la productivitat a causa de l'augment de la força de treball de les empreses gràcies a la intel·ligència artificial (intel·ligència assistida i intel·ligència augmentada); estalvi de temps i dels costos de producció a causa dels factors anteriors; increment de la demanda a causa de la disponibilitat de productes i serveis d'intel·ligència artificial millorats, de més qualitat i/o personalitzats.

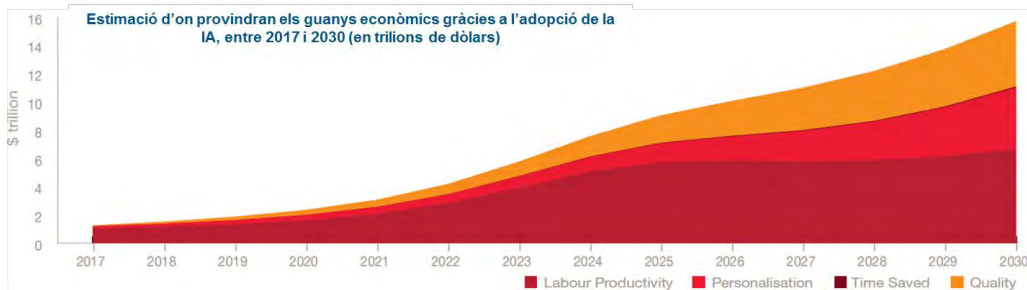


Figura 3. D'on provenen els guanys econòmics amb l'adopció de la intel·ligència artificial?.

Font: Sizing the prize. What is the real value of AI for your business and how can you capitalize – PwC.

Com ja s'ha esmentat, la intel·ligència artificial és una tecnologia que es caracteritza pel seu impacte transversal, per la qual cosa la seva aplicació s'anirà produint de manera cada vegada més intensiva en molts sectors diferents, entre els quals podem destacar: TIC i ciberseguretat, defensa i seguretat ciutadania, salut, turisme i oci, indústria 4.0, automoció, banca i finances i compra i venda al detall.

Per això, un dels sectors d'impacte indispensable de considerar és el de les indústries de la llengua, en la mesura que les interfícies són lingüístiques, bé siguin amb sistemes de pantalles o amb sistemes de veu, especialment per la incidència que aquest factor té en relació amb el català i l'aranès.

⁷ <https://claire-ai.org>

⁸ <https://ellis.eu>

⁹ "Sizing the prize. What is the real value of AI for your business and how can you capitalize" elaborat per PwC.

En la següent figura es mostren alguns dels impactes de la intel·ligència artificial en aquests sectors de demanda a curt, mitjà i llarg termini segons l'informe tecnològic La intel·ligència artificial a Catalunya, elaborat per la Generalitat de Catalunya.

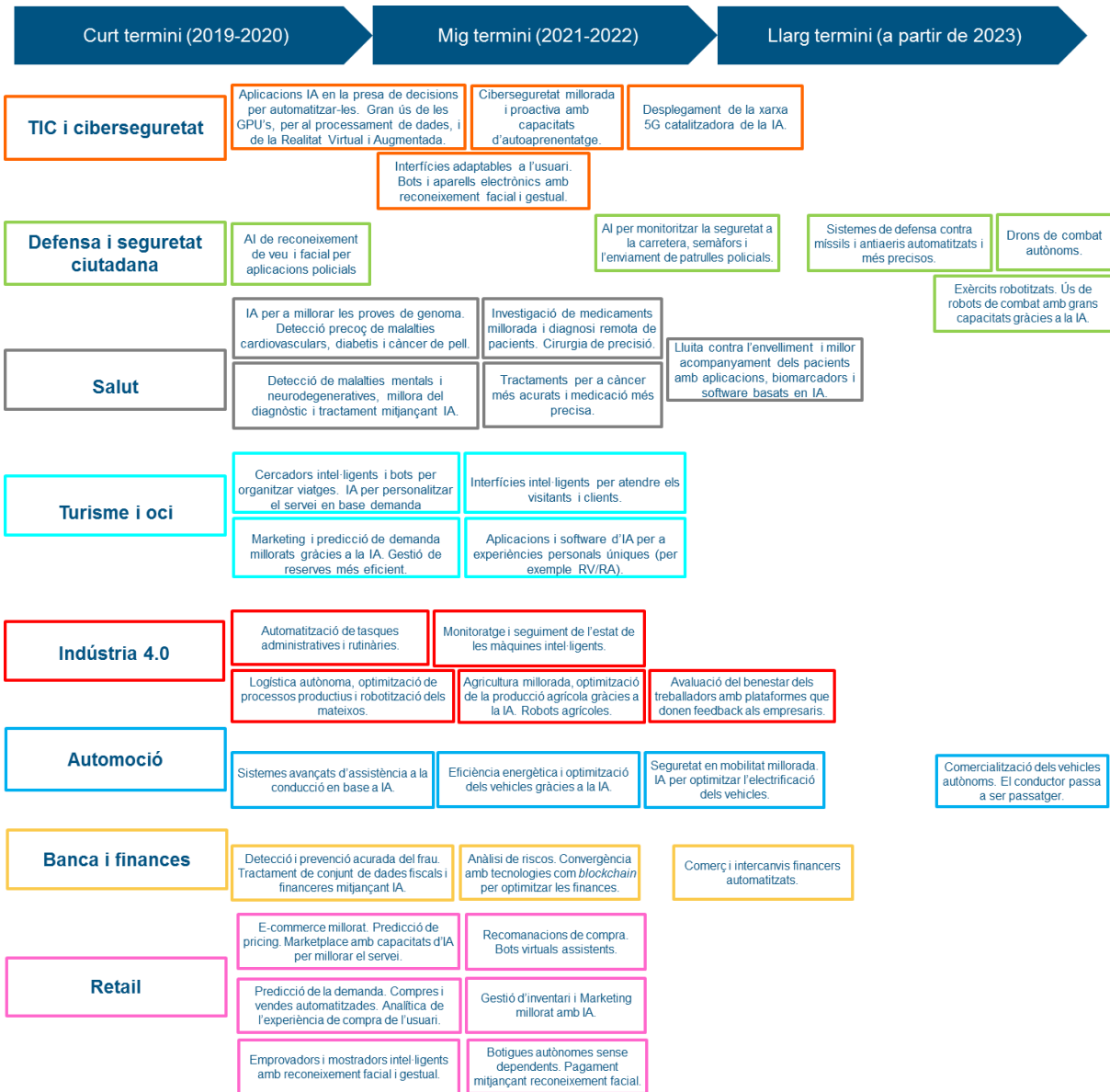


Figura 4. Aplicacions recents i prospectives per sectors de demanda.

Font: Informe tecnològic La intel·ligència artificial a Catalunya - Generalitat de Catalunya

2.4 Directius ètiques per una intel·ligència artificial fiable

El 8 d'abril del 2019 la Comissió Europea va publicar l'informe “**Directius Ètiques per una IA Fiable**”¹⁰, un document elaborat pel **Grup d'experts d'alt nivell sobre intel·ligència artificial**¹¹ que té com a objectiu promoure una intel·ligència artificial fiable, aportant un conjunt de recomanacions per a tots els agents implicats en el disseny, desenvolupament, desplegament, aplicació o ús de la intel·ligència artificial. En aquest apartat recollim les principals conclusions presentades en l'informe així com un resum de les recomanacions més rellevants proposades pel grup d'experts que també representem gràficament en la Figura 5.

Els sistemes d'intel·ligència artificial tenen el potencial de transformar significativament la societat i els models de relació, comportament i convivència. La intel·ligència artificial ha de ser una eina que afavoreixi la prosperitat humana i el benestar individual i social i el bé comú a més a més d'afavorir el progrés, la prosperitat i la innovació així com facilitar l'acompliment dels Objectius de Desenvolupament Sostenible de les Nacions Unides. És per aquest motiu que aquests sistemes han d'estar centrats en les persones i es fonamentin en el compromís d'utilitzar-los al servei de la humanitat i del bé comú. Els sistemes basats en intel·ligència artificial comporten grans oportunitats però també determinats riscos (alguns encara desconeguts) que tal prevenir i mitigar.

En aquest sentit, esdevé molt important que aquests sistemes siguin **fiables** per tal de generar confiança i possibilitar el seu desplegament en els múltiples sectors d'aplicació. Sense confiança i sense garanties, els sistemes d'intel·ligència artificial tenen un futur incert i és per aquest motiu que les directrius proposades pel grup d'experts pretenen promoure, avaluar i garantir la fiabilitat d'aquests.

La fiabilitat dels sistemes basats en intel·ligència artificial es recolza en tres pilars que s'han de complir durant tot el cicle de vida del mateix: la intel·ligència artificial ha de ser **lícita**, de manera que es garanteixi el respecte de totes les lleis i reglaments aplicables; també ha de ser **ètica**, és a dir, assegurar el compliment dels principis i valors ètics; i, finalment, ha de ser **robusta**, tant des del punt de vista tècnic com social, ja que els sistemes d'intel·ligència artificial, fins i tot si les intencions són bones, poden provocar danys accidentals. En aquest apartat, igual que en el document del grup d'experts ens centrem en les directrius per aconseguir una intel·ligència artificial ètica i robusta amb un enfocament basat en els drets fonamentals, partint de la hipòtesis que tots els drets i obligacions legals conserven un caràcter obligatori i han de ser degudament contemplats.

Les directrius es presenten en tres nivells els fonaments i principis ètics, els requeriments per una realització fiable i una llista concreta que permeti la seva avaluació:

Fonaments per una intel·ligència artificial fiable: els quatre principis ètics, arrelats en els drets fonamentals, que han de complir-se per garantir una intel·ligència artificial ètica i robusta.

- **Respecte de l'autonomia humana:** els sistemes d'intel·ligència artificial no haurien subordinar, coaccionar, enganyar, manipular, condicionar o dirigir als éssers humans de manera injustificada.

¹⁰ <https://ec.europa.eu/futurium/en/ai-alliance-consultation/guidelines#Top>

¹¹ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/high-level-expert-group-artificial-intelligence>

En lloc d'això, s'haurien de dissenyar de manera que augmentin, complementin i potenciïn les aptituds cognitives, socials i culturals de les persones.

- **Prevenió dels danys i perjudicis:** els sistemes d'intel·ligència artificial no haurien de provocar danys ni perjudicar de qualsevol altra manera als éssers humans. Això comporta la protecció de la dignitat humana, així com de la integritat física i mental. També han de ser robustos des del punt de vista tècnic, i hauria de garantir que no es puguin destinar a usos malintencionats.
- **Equitat:** els sistemes d'intel·ligència artificial haurien de garantir una distribució justa i igualitària dels beneficis i costos, i assegurar que les persones i grups no pateixin biaixos injustos, discriminació ni estigmatització. També s'hauria de fomentar la igualtat d'oportunitats en termes d'accés a l'educació, els béns els serveis i la tecnologia.
- **Explicabilitat:** cal comunicar obertament les capacitats i la finalitat dels sistemes d'intel·ligència artificial i les decisions han de poder explicar -en la mesura del possible- a les parts que es vegin afectades per elles de manera directa o indirecta.

Realització d'una intel·ligència artificial fiable: en base als principis de l'apartat anterior es defineixen set requeriments que haurien de complir els sistemes d'intel·ligència artificial de cara a la materialització i l'assoliment d'una intel·ligència artificial fiable.

- **Acció i supervisió humana:** els sistemes d'intel·ligència artificial han de recolzar l'autonomia i la presa de decisions de les persones. Cal dotar de coneixements i formació per a la comprensió i utilització des sistemes d'intel·ligència artificial. El principi general d'autonomia de l'usuari ha d'ocupar un lloc central en la funcionalitat del sistema. Cal garantir la supervisió humana en els cicles de decisió del sistema a través de models de governança.
- **Solidesa tècnica i seguretat:** cal que els sistemes d'intel·ligència artificial, de la mateixa manera que ho són la resta de sistemes informàtics, han d'estar degudament protegits davant de qualsevol vulnerabilitat del propi sistema, de les dades que utilitza o la infraestructura informàtica subjacent. Cal dotar-los de plans de seguretat general, condicions de contingència d'avant incidents i han de ser precisos, reproduïbles i fiables.
- **Gestió de la privadesa i de les dades:** els sistemes d'intel·ligència artificial han de garantir la protecció de la intimitat i de les dades durant tot el cicle de vida del sistema, això inclou la informació del usuari i tota aquella que se'n derivi. Cal garantir la qualitat i integritat de les dades, impedir la introducció de dades malintencionades i limitar el seu accés al personal qualificat i que necessiti accedir a la informació pertinent.
- **Transparència:** cal garantir la transparència de tots els elements d'un sistema d'intel·ligència artificial (dades, sistema i models de negoci). Cal assegurar la traçabilitat i ser capaços d'explicar tant el procés tècnic del sistema d'intel·ligència artificial com les decisions humanes associades. Per altra banda, és necessari que els sistemes d'intel·ligència artificial siguin identificats com a tals, no han de presentar-se com humans davant dels usuaris.
- **Diversitat, equitat i no discriminació:** cal garantir l'accés universal als sistemes d'intel·ligència artificial a través de dissenys inclusius i igualtat de tracte, cal evitar el biaix i les injustes derivades d'aquest. Sempre que sigui possible, els biaixos identificables i discriminatoris haurien d'eliminar en la fase de recopilació de la informació. El disseny dels sistemes d'intel·ligència artificial ha de comptar amb la participació de totes les parts interessades.

- **Benestar social i ambiental:** la intel·ligència artificial ha de ser sostenible, respectuosa amb el medi ambient i s'hauria de promoure la recerca de solucions d'intel·ligència artificial per a fer front als Objectius de Desenvolupament Sostenible. Cal garantir el bon ús de la intel·ligència artificial en la societat, democràcia i fer un seguiment de l'impacte social d'aquests.
- **Rendiment de comptes:** s'han d'establir mecanismes que permetin garantir la responsabilitat i rendició de comptes sobre els sistemes d'intel·ligència artificial i els seus resultats. Els algorismes, les dades i els processos de disseny han de ser auditable i s'han de poder realitzar avaluacions d'impacte per tal de minimitzar els possibles efectes negatius i establir mecanismes preventius de notificació d'aquests així com compensacions adequades en cas de produir-se resultats fora del previst.

Avaluació de la intel·ligència artificial fiable: finalment l'informe "Directius Ètiques per una IA Fiable" inclou una llista per a l'avaluació de la fiabilitat de la intel·ligència artificial (versió pilot) per tal de posar en pràctica la intel·ligència artificial fiable. La llista és d'aplicació, en particular, als sistemes d'intel·ligència artificial que interactuïn directament amb els usuaris, i va dirigida fonamentalment a desenvolupadors i responsables del desplegament de sistemes d'intel·ligència artificial (siguin desenvolupats internament o adquirits a tercers).

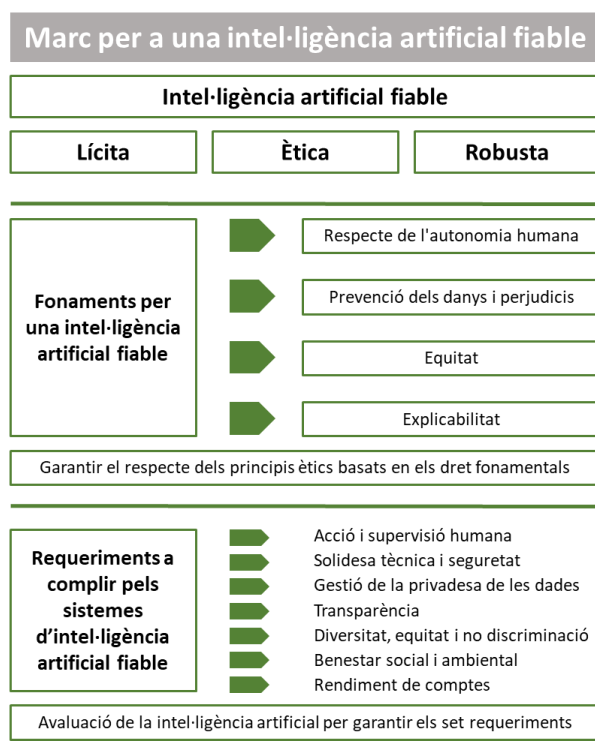


Figura 5. Les directius com a marc per a una intel·ligència artificial fiable.
Font: Directius Ètiques per una IA Fiable - Comissió Europea

3. Capacitats disponibles a Catalunya

Catalunya disposa de les capacitats i potencialitats per posicionar el país en una situació privilegiada per liderar el desenvolupament i l'adopció de la intel·ligència artificial al sud d'Europa i per posicionar-lo com un pol tecnològic mundial en intel·ligència artificial. Per entendre què permet aquest posicionament a escala internacional, cal tenir present les diferents capacitats inherents a Catalunya, com l'ecosistema de coneixement, l'ecosistema d'empreses tecnològiques i les infraestructures, tant científiques com tecnològiques.

En els propers apartats es presenten cadascuna d'aquestes capacitats, que fan de Catalunya un espai ideal per al desenvolupament, el testatge i el desplegament de la intel·ligència artificial.

3.1 Ecosistema de coneixement

El primer dels vectors de posicionament de país de Catalunya en l'àmbit de la intel·ligència artificial és el relacionat amb l'impuls del coneixement. Catalunya disposa d'un ecosistema de coneixement que li permet liderar el desplegament de la intel·ligència artificial amb garanties d'èxit. El món universitari català, els equips i departaments de recerca, els centres de recerca aplicada, els centres tecnològics i les associacions que els integren són una mostra del potencial existent a Catalunya.

3.1.1 Universitats

El sistema universitari català està format per dotze universitats, set de públiques, quatre de privades i una virtual; 26.300 persones imparteixen docència a més de 237.000 estudiants, que tenen una oferta d'uns 1.300 títols universitaris, entre graus, màsters i doctorats.



Figura 6. Mapa universitari català.
Font: Generalitat de Catalunya.

hospitalaris i enginyeries i empreses de base tecnològica, en aquest cas gestionada per ACCIÓ, l'Agència per la Competitivitat de l'Empresa.

La següent figura mostra, de manera il·lustrativa, els principals centres de recerca i tecnològics de l'ecosistema de coneixement de Catalunya que treballen amb intel·ligència artificial.



Figura 8. Centres tecnològics i de recerca que treballen amb intel·ligència artificial a Catalunya.

Font: Informe tecnològic la Intel·ligència Artificial a Catalunya - Generalitat de Catalunya.

En l'apèndix II d'aquest document apareix informació detallada relativa a l'activitat de cada un d'aquestes centres en el desenvolupament de la intel·ligència artificial.

3.1.3 Participació en el Programa Marc H2020

Catalunya és el territori de l'Estat que ha captat més ajuts europeus del programa de recerca i innovació Horitzó 2020. Segons les dades del CDTI a 30 d'abril de 2019, en el període 2014-2019, les entitats catalanes han rebut un total de 1.013.004.988 € de subvenció en projectes de l'Horitzó 2020. Aquesta xifra suposa el 2,71% del total de pressupost executat al programa i del 29.23% del total de subvenció rebuda per entitats espanyoles.

En l'àmbit temàtic Tecnologies de la informació i la comunicació, les entitats catalanes també han tingut un paper molt rellevant, amb un total de 85.961.783 € de subvenció rebuda, la qual cosa suposa un 2,87% del total del pressupost executat i un 28,84% de la participació espanyola.

Les 10 entitats catalanes amb més participació en l'àmbit temàtic Tecnologies de la informació i la comunicació són les següents (ordenades segons subvenció rebuda, de més a menys):

- Barcelona Supercomputing Center (MareNostrum)
- Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
- Universitat Pompeu Fabra (UPF)
- Fundació Eurecat
- Semidynamics Technology Services SL
- Fundació i2cat

- Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya (AQUAS)
- Institut de Ciències Fotòniques (ICFO)
- Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya (UOC)
- Universitat Rovira i Virgili (URV)

Per a més detall sobre la participació catalana en el programa H2020 es pot accedir a la Plataforma RIS3-MCAT¹⁴ desenvolupada per la Generalitat de Catalunya, en la qual es pot visualitzar de manera interactiva l'activitat de les entitats catalanes en projectes de ciència i innovació finançats amb fons europeus i l'evolució dinàmica de les xarxes de col·laboració entre ells.

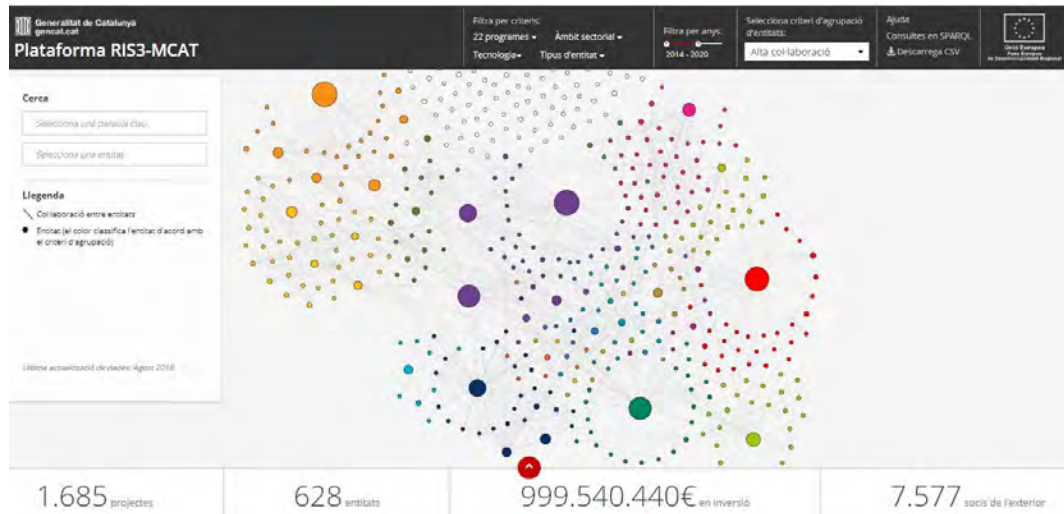


Figura 9. Plataforma RIS3-MCAT.
Font: Generalitat de Catalunya.

3.1.4 Associació Catalana d'Intel·ligència Artificial

La manera com la intel·ligència artificial entra a Catalunya als anys vuitanta, de la mà del professor Ramon López de Mántaras i es propaga al territori redunda en la consolidació d'una comunitat científica al voltant de la intel·ligència artificial, molt cohesionada, estesa per tot Catalunya, que el 1994 es constitueix definitivament en l'Associació Catalana d'Intel·ligència Artificial (ACIA)¹⁵.

L'ACIA és una associació sense ànim de lucre per a la promoció de la intel·ligència artificial en la societat catalana. El seu principal objectiu és donar suport a la comunicació entre els professionals i les organitzacions que participen en la intel·ligència artificial i promoure la consciència social, cultural, científica, econòmica i governamental sobre la intel·ligència artificial.

¹⁴ <http://unics.cloud/ris3/mcat>

¹⁵ <https://www.acia.cat>

Així, l'ACIA compta actualment amb més de vint-i-cinc anys d'història i va néixer amb la voluntat de ser un punt de trobada de tots els investigadors que ja estaven treballant en aquesta matèria tan nova i desconeguda. El 28 de març de 1994 es va fundar i es van aprovar els estatuts de l'Associació. Aquell mateix estiu es va publicar el primer número de la revista de l'Associació (el Butlletí de l'ACIA i més tard NODES¹⁶) i es van començar a organitzar les Trobades de Joves Investigadors que més endavant evolucionarien en el Congrés Internacional de l'ACIA.

Avui l'ACIA reuneix la major part d'aquesta comunitat científica, així com exalumnes i professionals del sector. Actualment, l'Associació compta amb més de 220 associats individuals i institucionals, ha publicat més de 60 revistes i llibres, i ha organitzat 22 congressos internacionals. Tot i ser l'associació d'un petit territori, l'ACIA és, des de 1995, membre de l'Associació Europea d'Intel·ligència Artificial (avui EURAI, European Association for Artificial Intelligence) i des de 1998 organitza el seu congrés anual amb caràcter internacional (el CCIA¹⁷) i, un cop més de forma pionera, amb unes actes publicades per una de les editorials més prestigioses: IOSPress. L'ACIA organitza i participa en activitats de divulgació com el YoMo, la celebració dels 60 anys de la intel·ligència artificial, els 25 anys de l'Associació i altres. El 8 de març de 2019 l'ACIA va crear un grup de treball orientat a disminuir la bretxa de gènere en el sector de la intel·ligència artificial (donesIAcat). També es patrocinen conferències, s'atorguen premis a tesis doctorals i treballs de màster, i beques per a l'assistència a congressos.

Pel que fa al lideratge científic internacional, és molt destacable el fet que l'ACIA compta entre els seus socis amb 10 Fellows d'EURAI. El programa de Fellows d'EURAI, que arrenca el 1999, és un programa molt selectiu que ha distingit menys del 3% dels seus associats; dels 16 Fellows EURAI que té Espanya, 10 són de l'ACIA, i només França, Alemanya, el Regne Unit i Itàlia tenen més guardonats que Catalunya.

3.2 Ecosistema d'empreses tecnològiques

3.2.1 El sector TIC a Catalunya

El sector TIC, un dels més dinàmics de l'economia catalana, compta amb un dels clústers industrials més importants a Europa i amb la presència d'un col·lectiu de desenvolupadors de programaris altament competitiu. Això li proporciona una elevada capacitat de generació de solucions innovadores adaptades a la realitat de cada vertical de la indústria o els serveis, a més del fet que aquestes solucions siguin validades i, fins i tot, cocreades pels futurs usuaris abans de veure la llum al mercat.

Un total de 15.757 empreses formen el sector TIC català (any 2018), una xifra que ha crescut un 4,5% respecte el 2017 i un destacat 27% des del 2013. Totes elles generen 106.900 llocs de treball (2018) i sumen 16.667 milions d'euros de facturació (2016), una xifra que ha crescut un 14% els dos darrers anys.

¹⁶ <https://nodes.acia.cat>

¹⁷ <https://agenda.uib.es/29216/detail/ccia2019.html>

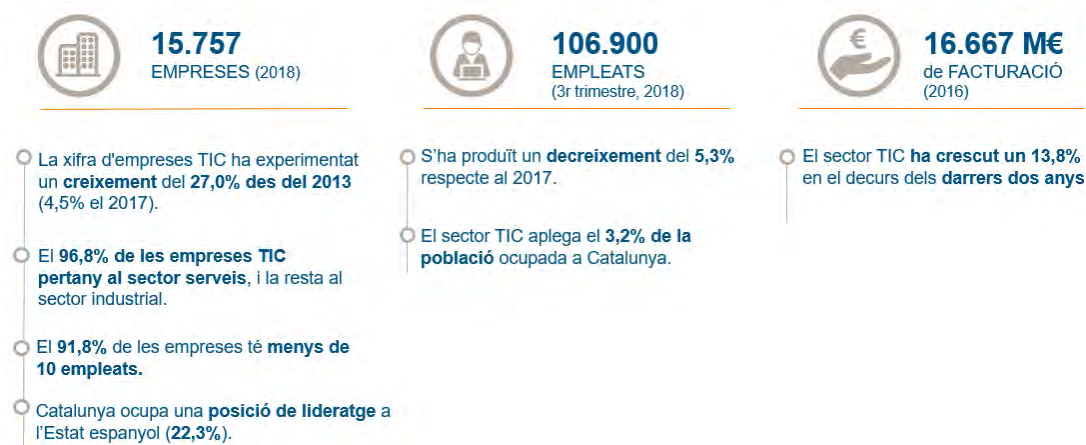


Figura 10. Principals magnituds del sector TIC a Catalunya (febrer de 2019).
 Font: Pindola sectorial El Sector TIC a Catalunya - Generalitat de Catalunya.

Si ens centrem en l'ecosistema de les empreses emergents (*start-ups*), Barcelona se situa com el primer hub del sud d'Europa en nombre d'empreses emergents i en cinquena posició a tot Europa després de Londres, Berlín, París i Amsterdam, segons el Ranking of Europe's biggest startup hubs in 2018¹⁸ elaborat per EU-Startups.

El Barcelona & Catalonia Startup Hub¹⁹, el directori més complet d'empreses emergents presents al nostre país, ja ha identificat més de 1.300 empreses emergents que donen feina a gairebé 14.000 persones. En la següent figura es mostren les principals dades associades a l'ecosistema emprenedor català.



Figura 11. Les *start-ups* catalanes en xifres (novembre 2018).
 Font: Anàlisi del Barcelona & Catalonia Startup Hub, 2018 - Generalitat de Catalunya.

¹⁸ <https://www.eu-startups.com/2018/11/top-15-europes-biggest-startup-hubs-in-2018/>

¹⁹ <http://startupshub.catalonia.com/>

De fet, Barcelona està considerada el tercer hub preferit per als creadors d'empreses emergents, ja que un 20% dels fundadors europeus triaria aquesta ciutat per establir-hi la seva empresa emergent per darrera de Londres i Berlín, tal com apunta el rànquing Startup Heatmap Europe 2018²⁰.

Així doncs, l'ecosistema generat en el sector TIC català resulta d'una capacitat aglutinadora sense precedents i se situa entre els més competitius i dinàmics de tota Europa. La següent figura mostra, de manera il·lustrativa, el mapa de les principals empreses i agents del sector TIC català.



Nota: L'ús d'aquestes marques és mera ment informatiu. Les marques esmentades en el present informe pertanyen als seus respectius titulars i, en cap cas, són titularitat d'ACCIO. Aquesta és una representació il·lustrativa parcial de les empreses que formen part de l'ecosistema del sector TIC a Catalunya, però poden existir altres empreses que no hagin estat incorporades a l'estudi.

Figura 12. Ecosistema del sector TIC a Catalunya (febrer 2018).
Font: Pindola sectorial El Sector TIC a Catalunya - Generalitat de Catalunya.

3.2.2 Catalunya hub digital, un atractiu per a les inversions internacionals

La publicació *fDi Magazine* del *Financial Times* ha reconegut Catalunya com la regió més atractiva del sud d'Europa en termes d'inversió estrangera el 2018 i el 2019²¹. Es tracta d'un dels rànquings més prestigiosos a escala internacional que utilitzen les multinacionals per estudiar futurs projectes d'inversió empresarial.

Destaquen les inversions realitzades per multinacionals i empreses emergents del sector TIC (el 28,6% del total en 2017), un sector generador de riquesa i llocs de treball qualificats i amb un fort potencial de creixement, que posa de manifest l'efecte tractor del sector tecnològic per a l'economia catalana.

En conjunt, els inversors perceben Catalunya i Barcelona com un lloc molt atractiu per a invertir-hi. Catalunya obté globalment una puntuació de 3,7 en una escala de l'1 al 5, on 5 és "molt atractiu per

²⁰ <https://www.startupheatmap.eu/>

²¹ http://catalonia.com/newsletter_news/news/2018/financial-times-recognises-catalonia.jsp

invertir-hi". Les empreses asiàtiques són les que puntuen millor la regió, amb 3,73 punts, seguides de les europees i americanes, amb 3,70 i 3,65 punts respectivament.

Destaquen, en aquest sentit, la captació de centres TIC de grans multinacionals que seleccionen Catalunya i, especialment, l'àrea metropolitana de Barcelona, per ubicar centres d'excel·lència amb base tecnològica i nuclis digitals que donen servei a escala internacional.

En els darrers tres anys podem esmentar l'atracció dels centres de Zurich, Axa, Visa, Roche, Allianz, Asics, Lidl, Media Mark i Nestlé i, si ens centrem en empreses tecnològiques, tenim els centres d'Oracle, Cisco, Facebook, Amazon, Microsoft, Satellogic, Siemens, Deloitte, Moodle, Gartner, Igg, Zoughtworks, GFT i NTT Data, entre d'altres.

Aquests nous centres s'afegeixen a una gran llista de centres TIC multinacionals ubicats a Catalunya que ja han posicionat Barcelona i Catalunya com un dels principals centres de connexió digitals a escala mundial, tal com il·lustra la Nestlé figura Nestlé.



Figura 13. Empreses multinacionals amb nuclis i centres digitals a Catalunya (febrer de 2019).
Font: Píndola sectorial El Sector TIC a Catalunya - Generalitat de Catalunya.

3.2.3 El sector de la intel·ligència artificial a Catalunya

L'informe tecnològic La intel·ligència artificial a Catalunya, elaborat per la Generalitat de Catalunya el juny de 2019, identifica quin és l'ecosistema de companyies, universitats, centres de recerca i innovació i institucions de suport del sector de la intel·ligència artificial a Catalunya.

Segons l'estudi, el sector de la intel·ligència artificial engloba 179 empreses a Catalunya, que conjuntament sumen una facturació dedicada a la intel·ligència artificial de 1.336 milions d'euros, i ocupen uns 8.483 treballadors.

El sector està format majoritàriament per empreses emprenedores. El 63% de les empreses són empreses emergents i la distribució de les empreses segons el segment de la cadena de valor és el següent:

- Desenvolupadors d'algoritmes (19)
- Consultories (19)
- Desenvolupadors de programes o dispositius (134)
- Proveïdors de serveis (7)

La següent figura mostra, de manera il·lustrativa, el mapa d'empreses i agents de l'ecosistema català de la intel·ligència artificial.



Figura 14. Empreses i agents de l'ecosistema d'intel·ligència artificial a Catalunya (juny de 2019).
 Font: Informe tecnològic La intel·ligència artificial a Catalunya - Generalitat de Catalunya.

3.3 Infraestructures científiques i tecnològiques

3.3.1 Infraestructures científiques

Catalunya disposa de potents i singulars infraestructures científiques que estan a la disposició de la comunitat científica, tecnològica i industrial, tant en l'àmbit nacional com internacional. Seguidament, es presenten les infraestructures científiques més estratègiques per al desenvolupament de la intel·ligència artificial a Catalunya.

- **Barcelona Supercomputing Center (BSC-CNS)**

El Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS) és una instal·lació científica que presta serveis de computació d'altas prestacions (HPC) i gestiona el MareNostrum, un dels supercomputadors més potents d'Europa, ubicat a la capella de la Torre Girona de la UPC.

El BSC-CNS està al servei de la comunitat científica internacional i de la indústria que requereixi serveis d'HPC. El seu equip multidisciplinari de recerca i les seves instal·lacions computacionals – incloent-hi el MareNostrum – fan del BSC-CNS un centre internacional d'excel·lència en e-Ciència.

Des de la seva creació el 2005, el BSC-CNS ha tingut un paper actiu en el foment de l'HPC a Catalunya i Espanya com una eina essencial per a la competitivitat internacional en ciència i enginyeria. El centre gestiona la Xarxa Espanyola de Supercomputació (RES) i és membre de primer nivell de la iniciativa Partnership for Advanced Computing in Europe (PRACE). Participa activament en les principals iniciatives europees en HPC, en estreta col·laboració amb altres centres de supercomputació europeus, i ha estat una de les institucions més activament implicades en la posada en marxa de les paniniciatives europees EuroHPC.

El 7 de juny de 2019 la Comissió Europea va anunciar un finançament de 100 milions d'euros per construir el MareNostrum 5²² una màquina preexaescala amb una potència que serà 17 vegades superior que la de l'actual superordinador, MareNostrum 4, i 10.000 vegades més gran que MareNostrum 1, el superordinador que va iniciar-ne la saga el 2004. Decisió que garanteix que Barcelona ocupi un lloc de lideratge en el mapa futur de la supercomputació a Europa

- **L'Anella Científica**

L'Anella Científica és una xarxa de telecomunicacions acadèmica i de recerca catalana que connecta una vuitantena d'institucions vinculades al món de la recerca i la innovació i permet l'intercanvi i el tractament massiu de dades en un entorn segur. A més de la connectivitat, amb diferents velocitats i modalitats, les institucions que en formen part, gaudeixen de nombrosos serveis addicionals.

L'Anella disposa d'un nucli òptic amb un enllaç a 100 Gbps entre els seus nodes troncal (Campus Nord i Itconic) acabats en 5 ports, un d'ells per al punt neutre d'intercanvi de tràfic CATNIX, de 10 Gbps a cada node. Des del Consorci de Serveis Universitaris de Catalunya (CSUC) es gestionen directament els equips òptics, els commutadors i encaminadors que permeten la interconnexió entre els nodes i amb les institucions connectades i que disposen d'una arquitectura totalment dedicada tant pel que fa a les fibres com als equips.

L'Anella Científica està connectada a la xarxa acadèmica espanyola RedIRIS i mitjançant aquesta xarxa a la resta de xarxes acadèmiques d'arreu d'Europa i la resta del món i també al punt neutre d'intercanvi de tràfic CATNIX, que proporciona una excel·lent connectivitat als proveïdors comercials.

3.3.2 Infraestructures tecnològiques

Gràcies a l'impuls públic i privat, Catalunya disposa també d'infraestructures tecnològiques de primer ordre. Aquestes infraestructures estan ja en funcionament distribuïdes per tot el territori català. La transversalitat de la intel·ligència artificial encaixa perfectament en l'estratègia d'afegir funcionalitats a aquestes infraestructures i que el seu conjunt actui per donar suport als camps i sectors d'aplicació d'aquestes tecnologies. Seguidament, es presenten les infraestructures tecnològiques més estratègiques per al desenvolupament de la intel·ligència artificial a Catalunya.

²² <https://ja.cat/IRpd7>

- Xarxa Pública de fibra òptica en el conjunt del territori

La Generalitat de Catalunya impulsa el desplegament de la xarxa pública de fibra òptica en el conjunt del territori, amb l'objectiu de dotar-se d'una xarxa pròpia per a la connectivitat corporativa i aprofitar l'excedent de xarxa per poder oferir serveis als operadors de telecomunicacions amb condicions òptimes de competència i potenciar d'aquesta manera el desenvolupament de les tecnologies digitals avançades. En l'actualitat es compta amb més de 4.500 quilòmetres de xarxa que permeten disposar d'un punt de presència efectiu a 254 municipis catalans.

En el marc del Pacte Nacional per a la Societat Digital es preveu estendre la xarxa pública de fibra òptica per connectar totes les capitals de comarca el 2020 i disposar d'un punt de presència efectiu al conjunt de municipis catalans i zones d'activitat econòmica l'any 2023, amb la previsió de disposar de 8.500 km de fibra òptica oberta als operadors de telecomunicacions.

D'aquesta manera, l'oferta de serveis majoristes de fibra fosca i circuits actius per al desplegament de serveis d'operador de telecomunicacions a zones geogràfiques tradicionalment desfavorides per la fractura digital, busca que la nova tecnologia neixi i es desplegui no només a zones urbanes i concentrades al voltant de Barcelona, si no que ho pugui fer en entorns rurals i allunyats de l'àrea metropolitana.

L'objectiu principal és convertir Catalunya en un territori connectat que aprofiti l'ús de la tecnologia i de la informació digital, que adopti les noves propostes tecnològiques per a dispositius mòbils –com la tecnologia 5G– per liderar la innovació dels serveis públics, accelerar el creixement econòmic i promoure una societat més intel·ligent, sostenible i integradora.



Figura 15. Xarxa pública de fibra òptica de Catalunya any 2023.
Font: Generalitat de Catalunya.

- Centres de Procés de Dades

La Generalitat de Catalunya és el principal consumidor de sistemes de computació del país i, per tant, la licitació del nou model TIC de la Generalitat de Catalunya que es va fer l'any 2012, i que aglutinava tots els serveis d'infraestructures de Centre de Procés de Dades (CPD) de la Generalitat, va suposar el desplegament a Catalunya de la millor infraestructura de CPD del país.

A més, el desplegament dels plans industrials de les empreses adjudicatàries dels contractes de serveis d'infraestructures de CPD va suposar la implantació a Catalunya de nodes de CPD internacionals i plataformes al núvol de companyies com IBM, HP, T-Systems i Mediacloud que s'afegien a d'altres infraestructures de CPD de primer nivell ja disponibles al país.

Per tant, en l'entorn de Barcelona hi ha 3 àrees principals amb concentració d'infraestructures de CPD de primer ordre (Parc de l'Alba, Zona Franca/are@38 i 22@Barcelona) que ens posicionen com un dels principals nuclis de Centres de Procés de Dades d'Europa. Infraestructures que estan al servei del sector públic i privat per al desenvolupament de projectes i programes de transformació digital amb necessitat massiva de tractament de dades i, per tant, constitueixen un actiu fonamental per al desenvolupament de la intel·ligència artificial a Catalunya.



Figura 16. Àrea dels principals Centres de Procés de Dades de Catalunya.
Font: Generalitat de Catalunya.

3.4 Anàlisi DAFO de l'ecosistema intel·ligència artificial de Catalunya

Un cop identificat l'ecosistema d'intel·ligència artificial de Catalunya i tenint en compte el panorama internacional de desenvolupament de la intel·ligència artificial, presentem a continuació l'anàlisi DAFO (debilitats, amenaces, fortaleces i oportunitats) de l'ecosistema d'intel·ligència artificial de Catalunya que ens permeti avaluar estratègicament la situació actual i establir uns objectius assolibles que en potenciïn el desenvolupament.



Figura 17. Anàlisi DAFO de l'ecosistema de la intel·ligència artificial de Catalunya.
Font: Elaboració pròpia.

4. CATALONIA.AI: l'Estratègia d'intel·ligència artificial de Catalunya

L'impuls de la intel·ligència artificial constitueix una prioritat del Govern, que vol donar suport al desplegament de la tecnologia d'intel·ligència artificial i fer de Catalunya un pol de referència internacional en recerca, innovació i generació i atracció de talent, empreses i inversors en l'àmbit de la intel·ligència artificial.

Amb aquest objectiu el Govern de la Generalitat de Catalunya impulsa l'Estratègia d'intel·ligència artificial de Catalunya que, amb el nom CATALONIA.AI, desplegarà un programa d'actuacions específiques per enfortir l'ecosistema d'intel·ligència artificial que hi ha a Catalunya i liderar la generació de coneixement, l'aplicació social i empresarial i la creació de solucions basades en intel·ligència artificial orientades a fomentar el creixement econòmic i millorar la vida de les persones.

L'Estratègia d'intel·ligència artificial de Catalunya està coordinada per la Secretaria de Polítiques Digitals del Departament de Polítiques Digitals i Administració Pública, conjuntament amb la Secretaria d'Administració i Funció Pública pel que fa al desplegament de l'estratègia en l'àmbit de l'administració digital, i el colideratge de la Secretaria d'Empresa i Competitivitat i la Secretaria d'Universitats i Recerca del Departament d'Empresa i Coneixement, i la participació de la resta de departaments.

4.1 Objectius i valors

CATALONIA.AI està totalment alineada amb els objectius europeus vinculats al desplegament de la intel·ligència artificial, per la qual cosa potenciarà totes les capacitats de l'ecosistema català referides en l'apartat anterior, d'origen públic o privat, la cooperació, la innovació i la internacionalització, per tal de constituir-se un referent en el sud d'Europa i un actor de primer ordre en l'entorn global.

Els objectius associats al desplegament de l'Estratègia són:

- Impulsar l'ecosistema de la intel·ligència artificial a Catalunya.
- Situar Catalunya com un dels motors de la intel·ligència artificial a Europa.
- Convertir Catalunya, i Barcelona en particular, en un nucli d'intel·ligència artificial global.
- Crear, retenir i atraure talent especialitzat en intel·ligència artificial a Catalunya.
- Potenciar la recerca i innovació en intel·ligència artificial a Catalunya.
- Crear, mantenir i governar un repositori obert de dades i facilitar-hi l'accés.
- Fomentar l'adopció de la intel·ligència artificial per part d'empreses i institucions.
- Impulsar la formació en intel·ligència artificial de professionals i ciutadans.
- Explicar a la ciutadania l'impacte positiu de la intel·ligència artificial en el seu benestar.
- Garantir l'ús normal del català en la intel·ligència artificial per part d'empreses i institucions.
- Promoure un desenvolupament sostenible, integrador, segur i just de la intel·ligència artificial a Catalunya.

CATALONIA.AI fa seus els valors de la Declaració de Barcelona per a l'Ús Apropiat de la Intel·ligència Artificial²³ i comparteix plenament les recomanacions del grup d'experts d'Alt Nivell de la Comissió Europea sobre la intel·ligència artificial contingudes al document Directrius sobre l'ètica per a una intel·ligència artificial fiable²⁴ i la Declaració de Montreal per a un Desenvolupament Responsable de la Intel·ligència Artificial²⁵, que posa les persones, siguin desenvolupadors o usuaris al centre. La intel·ligència artificial ha de servir per augmentar les capacitats de les persones i no per substituir llur intel·ligència i ha de contribuir a l'increment del benestar individual i col·lectiu.

En aquest sentit, CATALONIA.AI promourà un desenvolupament de la intel·ligència artificial perquè esdevingui:

- Beneficiosa per a les persones, les societats i el planeta.
- Plural, diversa i integradora en les seves fonts de coneixement.
- Segura i de confiança al llarg del seu cicle de vida.
- Prudent en la seva aplicació.
- Responsable de les seves accions.
- Transparent en les seves decisions.
- Respectuosa amb la privadesa.
- No-subversiva amb els sistemes civils, legals i democràtics.
- Alineada amb els valors humans.
- Centrada en les persones.
- Controlada per persones.

4.2 Eixos estratègics d'actuació

CATALONIA.AI desplegarà un pla estratègic multisectorial, transversal i centrat en les persones que prioritzarà sectors com la salut, la mobilitat, la sostenibilitat, l'economia productiva, l'agroalimentació i els serveis públics, i es desplegarà amb un pla d'actuació al voltant dels eixos següent:

- **Ecosistema:** impulsar un model de governança transversal que doni suport al desenvolupament d'un ecosistema d'intel·ligència artificial coordinat i connectat amb el món
- **Recerca i innovació:** potenciar la recerca i la innovació mitjançant l'aplicació d'instruments específics i l'establiment de sinergies entre l'Administració, els centres de recerca i innovació especialitzats i organitzacions usuàries intenses en intel·ligència artificial.
- **Talent:** crear, atraure i retenir el talent especialitzat que impulsi el desenvolupament de solucions d'intel·ligència artificial i la transferència de coneixement a la societat, a la vegada que capacita la ciutadania i els professionals d'altres sectors per afrontar el seu impacte.
- **Infraestructures i dades:** disposar de les infraestructures necessàries per al desenvolupament de la intel·ligència artificial i facilitar l'accés segur a les dades públiques i privades.

²³ https://www.bdebate.org/sites/default/files/barcelona-declaration_v7-1-eng.pdf

²⁴ https://www.huntonprivacyblog.com/?attachment_id=17432

²⁵ <https://www.declarationmontreal-iaresponsable.com/>

- **Adopció de la intel·ligència artificial:** impulsar la incorporació de la intel·ligència artificial com a tractor d'innovació en l'Administració i en sectors estratègics com l'agroalimentari, la salut i el benestar, el medi ambient, la mobilitat, el turisme, la cultura i la indústria, entre d'altres.
- **Ètica i societat:** promoure el desenvolupament d'una intel·ligència artificial ètica, que respecti la legalitat vigent, sigui compatible con les nostres normes socials i culturals, i estigui centrada en les persones.

A continuació es detallen les línies d'actuació i les iniciatives associades a cadascun d'aquests sis eixos.

4.2.1 Ecosistema

Una de les claus per al desenvolupament de la intel·ligència artificial és disposar d'un ecosistema fort i coordinat en què els diferents agents estiguin connectats per tal de trobar sinergies, complementar-se per abordar projectes més grans, potenciar les iniciatives existents o crear-ne de noves.

Aquest ecosistema el conformen les universitats, els centres de recerca i innovació, les administracions públiques, les empreses, els inversors, els usuaris finals i les institucions de suport. La seva governança, la relació entre tot ells i amb d'altres ecosistemes existents han de fer de Catalunya un pol de referència internacional en intel·ligència artificial.

4.2.1.1 Crear una estructura de governança transversal i oberta

L'estratègia catalana prioritza crear i fer operativa una organització que ocupi un paper de lideratge en l'impuls de l'ecosistema català en intel·ligència artificial. Aquesta estructura ha de ser la responsable de la governança de l'estratègia catalana i això comporta, entre d'altres qüestions, gestionar els recursos, les infraestructures, el talent, les oportunitats, les aliances i vetllar per la transparència, l'equitat i l'ètica en l'acompliment del pla i estratègic establert.

CATALONIA.AI ha de ser la porta d'entrada de projectes i iniciatives de recerca i innovació en l'àmbit de la intel·ligència artificial, així com de les solucions i desenvolupaments vinculats. CATALONIA.AI ha de ser la marca de referència de tecnologia d'avantguarda i ha de representar a tota la comunitat generadora i usuària de coneixement, amb capacitat de connexió i d'optar per fonts de finançament locals i internacionals, d'alinejar col·laboracions entre agents públics i privats i d'establir cooperació amb entitats internacionals de referència en aquest àmbit.

En aquest sentit, es crearà sota el paraigua de l'Estratègia en marxa la CATALONIA.AI ALLIANCE amb representació la quàdruple hèlix (administració pública, universitats/centres de recerca, indústria i societat civil/tercer sector), una comunitat oberta, plural, transparent, multidisciplinària, de compartició de coneixement, de generació i atracció d'idees i reptes, de recerca i d'intercanvi d'experiències, participativa i coordinada amb la resta de comunitats vinculades a les tecnologies digitals avançades, amb capacitat d'optar a finançament a tots els nivells, català, estatal i internacional, i de generació de projectes de col·laboració i de transferència de coneixement.

Per altra banda, sota aquesta governança transversal s'estructura l'ecosistema de la intel·ligència artificial català en quatre àmbits principals, l'associat a la generació de coneixement i la recerca

d'excel·lència, l'associat amb la transferència tecnològica al mercat i la generació d'impacte sectorial, el corresponent a l'ecosistema de suport a la generació i creixement d'empreses emergents i noves solucions i l'associat a la definició de polítiques públiques i generació d'un impacte positiu i ètic en la societat.

4.2.1.2 Catalunya com a pol internacional en intel·ligència artificial

Un dels objectius fonamentals de l'Estratègia CATALONIA.AI serà potenciar la cooperació internacional, mitjançant l'establiment de convenis de col·laboració amb d'altres ecosistemes, associacions, empreses, universitats i centres de recerca i innovació internacionals d'excel·lència, que permetin la generació i el desenvolupament de projectes, la creació de programes conjunts i l'aprofitament de programes internacionals com Horizon Europe²⁶ o el nou programa Digital Europe²⁷, que impulsaran el futur d'Europa en els propers anys, entre moltes altres possibilitats existents.

La posició de Barcelona, com a referència mundial pel que fa a les tecnologies digitals, en especial per ser capital mundial de la tecnologia mòbil (Mobile World Capital²⁸) i seu de congressos de màxim nivell internacional, com el Congrés Mundial de Mòbils (MWC Barcelona²⁹), el Congrés Mundial de les Ciutats Intel·ligents (Smart City Expo World Congress³⁰) o el Congrés Mundial de la Internet de les Coses (*IoT Solutions World Congress*³¹), juntament amb l'existència d'infraestructures i centres de recerca i innovació de primer nivell (entre d'altres, el Barcelona Supercomputing Center), constitueixen elements de màxima visibilitat de cara a l'atracció d'empreses punteres i centres de recerca i innovació amb lideratge mundial en intel·ligència artificial, per tal d'establir-ne seus operatives o generar programes conjunts, amb un increment significatiu de la qualitat dels projectes generats pel conjunt de l'ecosistema i de les col·laboracions amb el teixit innovador, emprenedor i investigador amb presència prèvia al nostre país.

En aquest context, serà interessant generar un catàleg avançat de tecnologies, empreses de base tecnològica, centres de recerca i innovació, empreses generadores de coneixement i casos d'èxit del nostre ecosistema, el CATALONIA.AI TECHNOLOGY, que permeti promoure la presència de Catalunya en esdeveniments internacionals, presentar una massa crítica ben estructurada i atractiva davant de decisors empresarials i inversors de referència internacional i fer visible l'impacte que el desenvolupament tecnològic en intel·ligència artificial té per a la nostra societat i per al benestar de les persones.

De manera similar a la resta d'esdeveniments de primer nivell que es donen cada any a Barcelona, en relació a les tecnologies digitals avançades, caldrà explorar l'opció d'apropar o generar a Catalunya un esdeveniment internacional especialitzat en intel·ligència artificial. Addicionalment, s'impulsarà el desenvolupament d'esdeveniments internacionals en intel·ligència artificial en la línia dels ja existents

²⁶ https://ec.europa.eu/info/designing-next-research-and-innovation-framework-programme/what-shapes-next-framework-programme_en

²⁷ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/commission-welcomes-agreement-digital-europe-programme-2021-2027>

²⁸ <https://mobileworldcapital.com>

²⁹ <https://www.mwcbarcelona.com>

³⁰ <http://www.smartcityexpo.com>

³¹ <https://www.iotsworldcongress.com>

com el AI & Cognitive Systems Forum³² dins del marc del IOT Solutions World Congress, el Congrés Internacional de l'Associació Catalana d'Intel·ligència Artificial organitzat per ACIA o el BigData Congress³³ organitzat per Eurecat.

Pel que fa l'Estratègia CATALONIA.AI i el component internacional vinculat, es crearà una xarxa d'ambaixadors i captadors de projectes en intel·ligència artificial d'àmbit internacional i es promourà la constitució d'un consell assessor, ambdós casos formats per referents internacionals del món de la recerca i la innovació en AI, investigadors, gestors i directius empresarials amb experiència contrastada en projectes i mercats internacionals, provinents de la comunitat catalana a l'exterior o d'aquelles entitats, empreses o institucions amb les quals ja es col·labora o que puguin ser d'interès per al país.

Així mateix, com a part de l'estratègia d'internacionalització, a més de la presència en esdeveniments internacionals amb la marca CATALONIA.AI, es comptarà amb la col·laboració directa de les delegacions del Govern a l'exterior i de la Xarxa d'Oficines Exteriors de Comerç i Inversions, per tal d'assegurar el contacte amb persones i entitats de màxim nivell i per promoure la generació d'oportunitats i projectes per a les entitats i empreses catalanes d'aquest àmbit.

4.2.1.3 Un país atractiu per a la inversió nacional i internacional en intel·ligència artificial

En els darrers anys, la presència d'empreses i inversors internacionals vinculats a les tecnologies digitals avançades s'ha multiplicat de manera exponencial al nostre territori. En aquest sentit, l'aposta realitzada per diferents multinacionals per establir la seu operativa digital a Catalunya no ha de passar desapercebuda per a l'ecosistema internacional d'intel·ligència artificial, de manera que cal fer-la coneguda i aprofitar les oportunitats que això suposa. En aquest sentit, tant el CATALONIA.AI TECHNOLOGY, que abans es proposava, com la col·laboració directa amb l'Agència per a la Competitivitat de l'Empresa (ACCIÓ), com a responsable del programa de captació d'inversió estrangera, Invest in Catalonia³⁴, han de permetre millorar els processos de transferència de coneixement i reforçar la connexió de la tecnologia generada al territori amb els sectors econòmics, socials i empresarials, nacionals i internacionals amb capacitat d'aportar finançament per a projectes individuals o cooperatius vinculats a la intel·ligència artificial. Aquesta capacitat no només s'ha de traduir en localitzacions favorables o a disposar de tecnologies, centres de recerca i innovació destacats o empreses amb productes en desenvolupament, sinó que també suposa l'establiment de mesures fiscals favorables i el foment de la digitalització entre les empreses com un element fonamental de competitivitat present i futura.

En el context de l'Estratègia CATALONIA.AI, es promouran diferents accions afavorides de la inversió corporativa o financera, en especial en empreses de base tecnològica i en centres o grups de recerca i innovació, mitjançant l'establiment d'incentius fiscals o préstecs en condicions favorables, per exemple, els vinculats a programes de connexió amb el Banc Europeu d'Inversions o el Pla d'inversions per a Europa. Així mateix, seguint altres experiències al nostre territori, es promourà la realització de

³² <https://www.iotsworldcongress.com/congress/tracks-themes/ai-cognitive-systems-forum-2/>

³³ <https://bigdatacongress.barcelona/>

³⁴ <http://catalonia.com>

Fòrums d'Inversió o Investment Readiness Series en el marc de les activitats del Barcelona & Catalonia Startup Hub i els congressos abans esmentats o altres vinculats a les aplicacions sectorials de l'intel·ligència artificial. També es crearà una aplicació que inclogui dades sobre inversors, professionals i empreses amb interès en la inversió en tecnologies digitals, en especial, en relació amb l'àmbit d'intel·ligència artificial, la CATALONIA.AI INVESTMENT, que permeti un contacte directe entre les tecnologies en desenvolupament i els inversors o llicenciataris potencials, i es promourà la incorporació d'inversors nous al sistema, mitjançant accions de captació específiques i accions formatives orientades a estructurar un teixit inversor amb interès en el coneixement generat a Catalunya a l'entorn de les tecnologies digitals en general, i de la intel·ligència artificial, en particular.

4.2.2 Recerca i innovació

El desenvolupament de la societat catalana depèn en gran mesura d'un canvi en el model productiu, la transformació dels serveis públics i una major participació de la ciutadania en totes les esferes socials. Aquest canvi exigeix una aposta decidida per la recerca i la innovació. Aquesta aposta ha de tenir en compte tots els actors del sistema català, potenciant clarament la recerca d'excel·lència a la vegada que hem d'apropar-nos més als problemes reals, especialment pel que fa a la transferència de coneixement i per establir un contacte més directe entre els agents de recerca i innovació i la resta d'agents que conformen el CATALONIA.AI ALLIANCE.

En el context actual, tenir un coneixement de base excel·lent i capacitat de desenvolupament tecnològic en intel·ligència artificial és clau per esdevenir un país que pugui ser competitiu a escala internacional. En aquest sentit, s'han d'impulsar i coordinar els diferents agents de recerca i innovació que treballen amb intel·ligència artificial per aconseguir que Catalunya esdevingui un pol de referència en la generació i transferència de coneixement cap als diferents sectors productius.

4.2.2.1 Connexió i enfortiment de les entitats de recerca i innovació en intel·ligència artificial

El sistema de recerca i innovació català disposa d'un gran nombre de grups, instituts i centres de recerca i innovació, públics i privats, especialitzats en l'àmbit de la intel·ligència artificial, però cal més coordinació i treball conjunt per generar una massa crítica suficient que doni resposta a les necessitats socials i als reptes empresarials de les diferents àrees d'actuació.

En aquest sentit, es generarà o adaptarà una **estructura operativa**, centralitzada o en xarxa, que actuï com a impulsora de sinergies entre grups, instituts, universitats, empreses i centres de recerca i innovació especialitzats en intel·ligència artificial, que generi sinergies i col·laboracions per potenciar l'activitat conjunta a escala nacional i internacional i que permeti establir una visió conjunta sobre la definició dels objectius prioritaris en aquest àmbit, en línia amb els requeriments socials i industrials i de l'impuls que oferiran els nous programes europeus de recerca i innovació per als propers anys.

També es promourà un **Programa avançat en recerca i innovació** en el camp de la intel·ligència artificial per tal de donar suport addicional als grups de recerca, instituts i centres públics que duguin a terme projectes en intel·ligència artificial a Catalunya, amb l'establiment de reptes (Mission-oriented

research and innovation) orientats a solucionar problemes socials o empresarials en aquest àmbit i un seguiment adequat de les actuacions a desenvolupar. Aquest Programa, que podrà tenir vinculació amb el Programa de tecnologies digitals avançades, farà una aposta clara pel desenvolupament de solucions innovadores per a la indústria que respongui a necessitats reals identificades prèviament amb associacions i entitats empresarials, complementant l'aportació de reptes de l'Administració associada al Programa abans esmentat. Els projectes, de naturalesa col·laborativa igual que els anteriors, es dirigiran de manera exclusiva a la participació de centres de recerca i innovació del sistema públic, així com d'empreses de base tecnològica, que estiguin en procés de desenvolupament tecnològic. Una de les prioritats del programa serà també la convergència entre diferents tecnologies digitals avançades com per exemple la intel·ligència artificial amb la internet de les coses (IoT) i la cadena de blocs (*blockchain*) explorant els models de intel·ligència distribuïts relacionats també amb les futures xarxes 5G .

Finalment, una aposta important pel suport a l'**R+D+I d'origen empresarial** en AI, de manera molt especial per aquelles empreses que disposen de centres d'innovació propis o que preveuen implantar-los a Catalunya properament, mitjançant el suport a actuacions vinculades a l'establiment de projectes pilot industrials, prototips o proves de concepte en entorns reals en tecnologies avançades, el finançament per a innovacions lligades al creixement empresarial, el foment de la participació en projectes internacionals i l'aprofitament d'incentius fiscals. En definitiva, una tasca doble de promoció i finançament d'iniciatives empresarials que hagin fet una aposta decidida per crear riquesa i llocs de treball al país.

4.2.2.2 Posada en marxa del CIDAI (Center for Innovation in Data Technologies and Artificial intelligence)

Les empreses i institucions catalanes necessiten un referent immediat al qual poder apropar-se per conèixer l'impacte que la intel·ligència artificial tindrà en els diferents sectors d'actuació i per rebre l'acompanyament necessari per iniciar-se en la seva adopció, molt especialment en el cas de les PIME.

En aquest context, seguint el model dels Digital Innovation Hubs³⁵ establert per la Comissió Europea, es posarà en marxa el **Center for Innovation in Data Technologies and Artificial intelligence (CIDAI)** que constituirà un referent al servei de les empreses i institucions, per demostrar els beneficis i accelerar l'adopció de les tecnologies innovadores en l'aplicació de la intel·ligència artificial, el desenvolupament de casos d'ús específics i en l'exploració de les dades generades pel sistema en conjunt.

El CIDAI, establert com un centre de serveis en xarxa, esdevindrà una peça fonamental dins de CATALONIA.AI en promoure la transferència de coneixement i la realització de projectes conjunts entre entitats generadores de coneixement (universitats, centres de recerca i innovació i empreses proveïdores de tecnologia) i empreses i institucions usuàries, demandants de solucions innovadores en intel·ligència artificial.

³⁵ <http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/digital-innovation-hubs>

Pel que fa a les PIME, el centre impulsarà un programa d'aplicació de la intel·ligència artificial, que inclourà actuacions de difusió i sensibilització, assessorament i orientació per a la digitalització, i suport a la implementació de projectes en forma de cupons a la digitalització destinats a la implementació de solucions TIC basades en disciplines dins del camp de la intel·ligència artificial.

4.2.2.3 La transferència de coneixement en intel·ligència artificial com a impulsora de la innovació empresarial

Cada cop més, les empreses aposten per la innovació oberta com a part de l'estratègia empresarial, ja sigui pel fet que els temps de desenvolupament són llargs, com en el cas de la indústria farmacèutica, o perquè són necessàries actualitzacions contínues de tecnologia per tal d'estar en primera línia, com en el cas de la indústria vinculada a les TIC. En el cas de les tecnologies avançades, com la intel·ligència artificial, la casuística està relacionada amb aquest segon cas, de manera que cal un esforç continu de desenvolupament, i molt especialment, de cerca d'aplicacions noves per a sectors especialitzats.

En aquest context, resulta fonamental potenciar el compromís mutu de les empreses i les entitats públiques de recerca i innovació en intel·ligència artificial mitjançant la creació de **xarxes, instituts i unitats mixtes publicoprivades** que permetin la generació d'aliances estratègiques, l'establiment de projectes conjunts innovadors, no només serveis, l'efecte tractor de les grans empreses i l'ús racional dels recursos, infraestructures i plataformes tecnològiques existents. Així mateix, l'impuls de clústers o la participació d'associacions empresarials sectorials en l'aplicació de les tecnologies digitals permetrà estendre el seu ús com a base de la competitivitat industrial, a la vegada que es desenvolupen nous models de negoci amb visió internacional. En aquest sentit, més enllà de la creació de possibles programes o projectes en col·laboració, resulta també important l'aprofitament de programes ja existents, com Doctorats Industrials³⁶, CERCA Gínjol³⁷ o Indústria del coneixement³⁸, amb una visió particular que faci èmfasi en el cas de les tecnologies digitals avançades, molt especialment la intel·ligència artificial.

Un repte pendent sobre el conjunt del sistema i que resulta clau per a la transferència de coneixement, també en intel·ligència artificial, és l'impuls d'un **mapa especialitzat de capacitats** que permeti connectar les tecnologies, serveis i empreses locals amb els entorns internacionals, així com detectar les debilitats existents en el teixit empresarial i poder reforçar els camps d'actuació identificats, ja sigui com a generadors o com a usuaris. Aquest mapa, aplicat a la intel·ligència artificial, contribuirà a millorar l'aprofitament de les capacitats actuals del sistema català de recerca i innovació, fomentarà la col·laboració entre empreses i institucions públiques i privades i facilitarà l'atracció i retenció de talent, inversió i tecnologia d'origen local i internacional, per tal de crear valor econòmic i social.

Un altre element que resulta clau en les relacions entre empreses i entitats públiques generadores de coneixement és la confiança, en capacitat tecnològica real i en terminis de desenvolupament. Així, cal posicionar les universitats i els centres de recerca i innovació públics de Catalunya com a **proveïdors destacats i fiables per a les empreses**, a partir del desenvolupament de tecnologia pròpia, de

³⁶ <http://doctoratsindustrials.gencat.cat>

³⁷ <http://ginjol.cerca.cat>

³⁸ http://universitatsirecerca.gencat.cat/ca/03_ambits_dactuacio/Transferencia-de-coneixement/programa-industria-del-coneixement/

l'establiment de col·laboracions publicoprivades i de la prestació de serveis. Aquest posicionament, en el camp de la intel·ligència artificial, anirà acompanyat d'una definició d'objectius i de l'establiment d'indicadors basats en la innovació i podria tenir efectes en l'establiment de mecanismes específics que impulsin aquestes activitats, com la creació de centres d'excel·lència similars a l'esmentat abans.

Resultaran també destacables els esforços a realitzar per tal d'impulsar **la incubació, acceleració i internacionalització d'empreses de base tecnològica**, en especial les sorgides dels centres de recerca i innovació del sistema públic i que presentin tecnologies basades en la intel·ligència artificial o que són de directa aplicació als sectors productius en què existeixen tecnologies disponibles. En aquest sentit, conjuntament amb ACCIÓ, s'impulsaran programes d'assessorament per a la validació del model de negoci, de validació i captació dels primers clients i de cerca de finançament per obtenir l'impuls necessari i ser reconegudes per les mitjanes i grans empreses com actors d'interès. És també destacable la col·laboració que es pugui dur a terme amb els programes d'acceleració i incubació ja existents al país, com els vinculats al Programa Catalunya Emprèn³⁹ del Departament d'Empresa i Coneixement o el programa The Collider⁴⁰ de la Mobile World Capital Barcelona, així com d'altres del sector privat com Seedrocket, Conector, Ship2B, Wayra i BStartup, entre d'altres, els quals inclouen iniciatives pròpies publicoprivats que poden ser de gran interès per a la present Estratègia.

4.2.2.4 La compra pública innovadora com a via de desenvolupament de la intel·ligència artificial

La Comissió Europea, mitjançant el programa marc de recerca i innovació Horitzó 2020 i les iniciatives vinculades a l'Institut Europeu d'Innovació i Tecnologia⁴¹, en especial la Comunitat EIT Digital⁴², ha desenvolupat en els darrers anys diferents projectes de **compra pública innovadora**, en especial en el sector de la salut, que s'afegeixen a les iniciatives públiques que ja es duen a terme de manera habitual en el nostre sistema, mitjançant la Plataforma de contractació pública. Aquesta aposta, també per la compra pública precomercial, encara en fase de desenvolupament, constitueix un element fonamental per al futur de la intel·ligència artificial al nostre territori, no només pels fons públics implicats, sinó també per la mobilització de les tecnologies existents en el teixit productiu, l'impuls de proves de concepte en diferents àmbits i la participació del conjunt d'agents del sistema de recerca i innovació.

Amb la voluntat de convertir Catalunya en un pol de referència, també en intel·ligència artificial per als propers anys, l'Estratègia CATALONIA.AI i el Programa de tecnologies digitals avançades incorporen com a prioritat que els contractes de serveis de la Generalitat de Catalunya, licitats pels diferents Departaments, incorporin la resposta a reptes de l'Administració com a mecanisme de tracció de projectes i propostes en col·laboració provinents del conjunt d'agents del sistema de recerca i innovació, públics i privats. En aquest sentit, es prioritzarà que l'entitat responsable del projecte disposi d'equipaments, prototips i/o projectes d'innovació en intel·ligència artificial en el moment de la licitació i, en especial, si aquests projectes s'han desenvolupat en el marc d'iniciatives europees o finançades per programes vinculats a RIS3CAT o similars.

³⁹ <http://catempren.gencat.cat>

⁴⁰ <https://thecollider.tech>

⁴¹ <https://eit.europa.eu/>

⁴² <https://www.eitdigital.eu/>

L'objectiu final és que les tecnologies d'intel·ligència artificial impactin en els diferents àmbits del Govern i donin resposta tant a les necessitats actuals com a nous serveis i projectes de futur dels diferents departaments. Es valorarà també que el licitador porti equipament propi i que es pugui fer servir en projectes vinculats en entorns de proves diferents, com ara la salut, l'agricultura, la mobilitat, la indústria, la cultura i l'educació, entre d'altres.

4.2.3 Talent

El talent existent a Catalunya és el recurs necessari i indispensable per promoure el desenvolupament de l'ecosistema d'intel·ligència artificial, de manera que resulta estratègic per al país dotar els ciutadans i els professionals de les competències i capacitats requerides per aplicar de manera efectiva la intel·ligència artificial al nostre territori. En aquest context, és fonamental disposar d'una formació adequada que garanteixi el desplegament i l'adopció de les tecnologies vinculades a la intel·ligència artificial i que generi de manera continuada nous professionals que satisfacin els requeriments socials i empresarials.

4.2.3.1 Gestió del talent en intel·ligència artificial: generació, atracció i retenció

Programes de talent investigador en intel·ligència artificial

Es promouran, i se'ls donarà suport, a les iniciatives per millorar l'oferta universitària amb cursos, seminaris, màsters i postgraus en l'àmbit tecnològic i no tecnològic vinculat a la intel·ligència artificial amb la finalitat de donar resposta a les necessitats de professionals actuals i futures. En aquest context, s'establiran mecanismes de col·laboració universitat-empresa que permetin una millor adequació curricular a les necessitats socials i empresarials i que potenciïn la innovació i la recerca orientada a aportar solucions tecnològiques.

Pel que fa als programes de postgrau oficials en intel·ligència artificial, màsters universitaris i doctorats, es farà una acció específica per tal de conèixer la situació a les diferents universitats i promoure programes de màxima qualitat, professionalitzadors i participats per les institucions i empreses usuàries de les tecnologies en els diferents camps d'activitat, a la vegada que es considerarà la possibilitat de potenciar els actuals programes interuniversitaris i establir-ne de nous. Per tal de fer-ho efectiu, es crearà un grup de treball amb representants universitaris, de les entitats generadores de coneixement i de les entitats usuàries de les tecnologies d'intel·ligència artificial per tal d'intercanviar coneixement, experiències i establir els continguts adients i els mecanismes de col·laboració més efectius. Paral·lelament, es treballarà en la internacionalització dels programes, a fi i efecte d'atraure estudiants internacionals i de poder generar relacions amb entitats de primer nivell i continguts específics mitjançant els programes Erasmus+ a través de les accions col·laboratives KA2⁴³ i els programes de formació inicial en xarxa (ITN-Marie Curie⁴⁴), respectivament, així com altres

⁴³ https://eacea.ec.europa.eu/erasmus-plus/actions/key-action-2-cooperation-for-innovation-and-exchange-good-practices_en

⁴⁴ <https://ec.europa.eu/research/mariecurieactions/>

susceptibles d'implementar-se en el nostre sistema, pel que fa als investigadors en formació predoctoral (R1).

En relació amb el personal docent i investigador vinculat a tecnologies digitals avançades, en especial d'intel·ligència artificial, que es troba en etapes postdoctorals júnior (R2) i postdoctoral sènior (R3), amb inclusió del talent català i internacional que es troba actualment repartit per centres d'investigació de tot el món, es promouran accions específiques per tal de crear un programa propi, el CATALONIA.AI TALENT, que, partint de models d'èxit al nostre sistema com l'actual ICREA SÈNIOR⁴⁵ o l'anterior ICREA JÚNIOR, aprofiti les oportunitats de cofinançament que ofereixen els programes d'especialització intel·ligent i el Fons Social Europeu, les opcions reals de cofinançament dels centres de recerca i innovació i les universitats i les actuacions vinculades al programa Marie Curie dins del programa Horitzó, en especial l'esquema Cofund⁴⁶, i garanteixi així més recursos i més presència de les tecnologies digitals avançades, en general, i de la intel·ligència artificial en particular, en tot el nostre sistema de recerca i innovació.

Programes de talent innovador en intel·ligència artificial

El sistema universitari i de recerca de Catalunya ha assolit els darrers anys uns nivells d'excel·lència reconeguts internacionalment. Ara cal desplegar les accions adients que permetin traslladar el nivell assolit a la societat, especialment al teixit productiu i empresarial, format de manera molt majoritària per PIME, de manera que el coneixement derivi també en creació de riquesa, ocupació i millora social. En aquest context, resulta fonamental promoure el treball conjunt dels professionals integrats en les universitats i els centres de recerca i innovació amb els tècnics de les empreses, fomentar el contacte permanent mitjançant la formació d'equips conjunts i afavorir la transferència de coneixement.

El desenvolupament de la recerca i la innovació al nostre país està estructurat en diferents nivells, universitats, centres, instituts, xarxes, departaments, grups consolidats i, finalment, investigadors individuals, que constitueixen un ecosistema complex que no sempre està ben coordinat. En aquest punt, la convocatòria d'ajuts per donar suport a les activitats de grups de recerca⁴⁷ (SGR) genera l'oportunitat de tenir un mapa avançat dels grups existents i, en el cas de la intel·ligència artificial, d'aquells que hi treballen en qualsevol àrea de coneixement. En aquest punt, es realitzaran accions focalitzades a l'impuls de la formació i la captació de projectes vinculats a aquests grups, a la vegada que es treballa en la realització d'un mapa similar pels generadors de coneixement privats i les empreses i institucions usuàries. A partir d'aquí, es treballarà per aprofitar al màxim les oportunitats que ofereix el programa de Doctorats Industrials, implementat fa uns anys a Catalunya i que compta també amb referents estatals i europeus, com una via de connexió preferent entre centres públics, institucions i empreses amb interès en la transformació digital i en l'aplicació de les tecnologies d'intel·ligència artificial. Els resultats obtinguts i les sinergies generades podran ser l'embrió de noves aproximacions en la captació de talent, per exemple, amb la constitució d'unitats mixtes publicoprivades en intel·ligència artificial o consorcis específics.

⁴⁵ <https://www.icrea.cat/es/la-seleccion-de-icrea>

⁴⁶ https://ec.europa.eu/research/mariecurieactions/actions/co-funding-programmes_en

⁴⁷ <http://agaur.gencat.cat/ca/beques-i-ajuts/convocatories-per-temes/Ajuts-per-donar-suport-a-les-activitats-dels-grups-de-recerca-SGR>

Paral·lelament, mitjançant l'aprofitament de fons europeus vinculats a iniciatives com RIS3CAT, Cofund i recursos propis del sector privat, i dins del programa CATALONIA.AI TALENT, es treballarà en una iniciativa d'**atracció de talent digital** que possibiliti el contacte permanent entre centres de recerca i innovació i empreses, possiblement en el marc de la CATALONIA.AI COMMUNITY o xarxes sectorials vinculades, de manera que hi hagi mobilitat investigadora i innovadora, seguint models com Tecniospring, Beatriu de Pinós Empresa, Connect-EU, Marie Curie Incoming o Outcoming Grants o Torres Quevedo, en connexió amb incubadores, empreses innovadores i centres de recerca i innovació nacionals i internacionals.

Un últim element molt significatiu i no gaire ben desenvolupat fins ara és la manca de professionals dedicats a la connexió dins del sistema de recerca i innovació, més enllà de les persones que treballen en les oficines de transferència de resultats d'investigació, en la majoria de casos sense experiència en l'àmbit digital i encara menys en tecnologies vinculades a la intel·ligència artificial. En aquest punt, el suport obtingut per les universitats mitjançant la convocatòria d'ajuts per a la realització de projectes de les unitats de valorització i transferència del coneixement és un primer pas de cara a reforçar activitats de connexió amb el sistema en el seu conjunt, però es mostra insuficient si el circumscriuim a l'àmbit d'actuació digital, en general, i de les tecnologies d'intel·ligència artificial en particular, a la vegada que ha deixat exclosos la resta de centres de recerca i innovació. A aquest efecte, es preveu l'impuls d'una actuació d'incorporació d'**innovadors digitals**, dins del programa CATALONIA.AI TALENT, que en xarxa i amb el finançament dels centres receptors, actuaran com a gestors d'innovació i transferència del coneixement digital en una zona d'acció concreta, com a innovadors o emprenedors en residència per a la captació d'idees i projectes nous a desenvolupar i com a referent per a les empreses i institucions amb interès en les tecnologies digitals i vinculades a intel·ligència artificial.

Col·laboració amb l'aliança del Barcelona digital talent

Per tal d'assegurar la competitivitat de Catalunya i Barcelona com a pol tecnològic en tecnologies digitals avançades, en general i en intel·ligència artificial, la Generalitat de Catalunya, en col·laboració amb altres institucions públiques i privades, ha posat en marxa l'aliança BARCELONA DIGITAL TALENT⁴⁸ amb la idea de posicionar Barcelona com un espai capaç de generar, retenir i atraure talent amb els coneixements i capacitats necessaris per al desenvolupament d'aquesta nova indústria.

Barcelona Digital Talent és una aliança per posicionar la ciutat de Barcelona com a pol de talent digital, amb l'objectiu de donar resposta a la falta de talent específic a la ciutat i a l'increment de negocis de base tecnològica que demanen perfils amb competències digitals. L'experiència de Barcelona és d'interès per al conjunt del territori, de manera que es treballarà amb els membres de l'aliança en la generació d'altres pols dins de Catalunya que puguin replicar l'experiència i que puguin comptar amb aliances similars a la descrita per a Barcelona, entre empreses, administracions i centres de formació. Aquest component digital territorial, que s'inclourà dins del programa CATALONIA.AI TALENT, prioritzarà el talent associat al desenvolupament de la intel·ligència artificial i estendrà aquest factor de generació, retenció i atracció de talent a la resta del territori català.

⁴⁸ <https://barcelonadigitaltalent.com>

El treball que s'ha d'efectuar dins del programa inclourà una triple vessant: la promoció de les tecnologies digitals pel territori, els perfils professionals existents i la identificació de les necessitats empresarials. Així mateix, es treballarà en la confecció de programes formatius que responguin a les necessitats existents i que permetin la formació de professionals ben qualificats, des de cursos universitaris fins a programes vinculats a la formació ocupacional i al desenvolupament de la formació professional en aquests àmbits de coneixement. Finalment, i en contacte directe amb les empreses i institucions usuàries, es farà èmfasi en el desenvolupament d'una carrera professional en matèria d'intel·ligència artificial i en la identificació de Barcelona i Catalunya com a lloc de referència internacional. Totes aquestes activitats podran ser cofinançades en col·laboració amb el Servei d'Ocupació de Catalunya, mitjançant el programa de projectes innovadors i experimentals, la utilització de fons provinents del Fons Social Europeu, iniciatives vinculades al programa Erasmus+ i els propis recursos del sector privat interessat.

Programes de talent emprenedor en intel·ligència artificial

La intel·ligència artificial facilitarà la generació de noves aplicacions que puguin ser ofertes en diferents àmbits del teixit productiu i social. Per fer-ho possible serà necessària l'aparició de noves empreses i programes d'emprenedoria que tinguin per objectiu la implementació i comercialització d'aquests tecnologies a diferents sectors, com a punt de renovació del nostre teixit productiu, en especial pel que fa als generadors de coneixement, i com a possibilitat real de desenvolupament professional per als científics i innovadors presents al nostre territori.

En aquest sentit, s'impulsaran, en el marc del Programa Catalunya Emprèn de la Generalitat de Catalunya i de la mateixa Xarxa Emprèn vinculada, projectes per fomentar el talent emprenedor en l'entorn de la intel·ligència artificial a la vegada que es prioritza aquesta tecnologia en els programes de foment del desenvolupament tecnològic existents a Catalunya, com el programa Innovar a través de les *start-ups*⁴⁹ d'ACCIÓ o el programa Indústria del coneixement d'AGAUR.

Un exemple d'aquest tipus d'iniciatives es el programa AI4ALL⁵⁰ Intel·ligència artificial aplicada a la indústria, impulsat pel Parc de Recerca UAB, el Centre de Visió per Computador i la Universitat Autònoma de Barcelona amb l'objectiu d'apropar les tecnologies d'intel·ligència artificial, generar noves idees de mercat i ajudar a impulsar la competitivitat del país en aquest àmbit. Aquesta iniciativa, emmarcada dins del programa per promoure l'emprenedoria territorial especialitzada (programa primer de preacceleració), constitueix un embrió de gran valor de cara a desenvolupar un programa d'abast més general, en col·laboració amb el territori, el Servei Català d'Ocupació i les institucions usuàries de les tecnologies d'intel·ligència artificial, més enllà de coordinar-se amb altres iniciatives existents, de caire públic o privat. En aquest context, s'impulsarà un programa de referència a partir de les bones pràctiques existents, en col·laboració amb els actors públics i privats, en especial els centres de formació, els centres de recerca i innovació, les associacions empresarials i les entitats usuàries de les tecnologies d'intel·ligència artificial.

⁴⁹ <https://barcelonadigitaltalent.com>

⁵⁰ <http://www.accio.gencat.cat/ca/serveis/innovacio/startups-i-innovacio-disruptiva/innovar-a-traves-de-startups/>

D'igual manera, aprofitant les oportunitats vinculades als programes europeus, es treballarà per tal de crear una comunitat emprenedora en l'àmbit de les tecnologies d'intel·ligència artificial, a partir de les possibilitats que ofereixen els programes Erasmus+, en forma d'aliances estratègiques i programes en consorci, i el programa de Competitivitat per a les Empreses i les PIME (COSME⁵¹), mitjançant l'actuació Erasmus per a joves emprenedors, que permet la realització d'intercanvis entre nous emprenedors i emprenedors experimentats europeus, a partir de consorcis creats. En aquest sentit, es treballarà per crear una iniciativa vinculada a les tecnologies digitals avançades, en especial la intel·ligència artificial, que inclogui els països europeus més avançats en la matèria.

Formació en intel·ligència artificial per a tothom

La intel·ligència artificial ja forma part de la nostra vida quotidiana i, en el futur, tindrà un impacte encara més gran en totes les indústries i tots els individus. Tothom hauria de tenir l'oportunitat d'entendre el que realment és la intel·ligència artificial i l'impacte que pot arribar a tenir en les nostres vides, i per això és prioritari democratitzar el coneixement d'aquestes tecnologies i apoderar la ciutadania per tal que tingui un paper més actiu en el seu desplegament.

En aquest sentit, dins de CATALONIA.AI s'impulsarà un programa de capacitació adreçat al conjunt de la ciutadania per mostrar els fonaments de la intel·ligència artificial a qualsevol persona interessada en aquesta tecnologia. Un programa centrat en la realització de cursos gratuïts que s'adaptaran a les necessitats i capacitats de cada alumne, aprofitant les tecnologies educatives existents, com els cursos massius en línia, o els programes de formació contínua i ocupacional presencials o en línia, així com altres activitats que es puguin realitzar pel territori, a partir de la col·laboració amb les administracions corresponents, de la xarxa de punts TIC⁵², de la xarxa Catlabs⁵³, ja existents, o de la cooperació amb parcs tecnològics i entitats formatives.

Per desenvolupar aquesta iniciativa s'establirà un acord amb iniciatives internacionals similars, amb una trajectòria d'èxit, com per exemple **Elements of AI**⁵⁴, impulsada per l'empresa Reaktor i la Universitat de Hèlsinki que el Govern de Finlàndia ha proposat estendre al conjunt de la Comissió Europea.

A banda de la campanya de difusió del programa, s'establiran acords amb empreses i institucions catalanes per tal de promoure aquesta capacitació entre els seus col·laboradors amb l'objectiu d'arribar al màxim nombre d'entitats i ciutadans del país.

Foment de les vocacions en intel·ligència artificial

En una societat digital és del tot necessària la formació tant de les generacions d'usuaris presents com de les futures. En aquest sentit, les escoles i els estudiants més joves han de conèixer, tenir contacte i familiaritzar-se amb les eines tecnològiques més capdavanteres, com és el cas de la intel·ligència artificial.

⁵¹ https://ec.europa.eu/growth/smes/cosme_en

⁵² <http://www.punttic.gencat.cat/>

⁵³ <http://catlabs.cat/>

⁵⁴ <https://www.elementsofai.com/>

L'estímul de vocacions requereix remuntar-se a les més primerenques etapes educatives, de manera que caldrà dissenyar un pla vocacional efectiu en intel·ligència artificial, emmarcat en el Pla STEMcat impulsat per la Generalitat de Catalunya, que inclogui accions en escoles de primària i secundària, així com treballs amb les famílies, xerrades, tallers, xarxes de suport, activitats puntuals a escoles i preparació de materials docents i audiovisuals per a aquestes activitats, però també redissenyar plans curriculars de primària i secundària per incloure continguts que estimulin el pensament computacional i preparin per a la intel·ligència artificial incorporant la perspectiva de gènere, i formar el professorat per introduir aquests continguts; així com promoció a través d'espais concrets de mitjans de comunicació d'elements de foment i atracció de vocacions.

Igualment, en l'àmbit de la formació professional cal garantir itineraris formatius vinculats directament a les necessitats del nostre teixit social i econòmic, amb especial èmfasi en les tecnologies digitals avançades no presents actualment com a especialitat formativa en programes de grau mitjà o grau superior de la família professional d'Informàtica i Comunicacions, més enllà de perfils específics com el de ciberseguretat i bioinformàtica. Atesa la manca de talent digital detectada, resulta imprescindible l'establiment d'un programa específic en tecnologies digitals avançades, per grau mitjà i superior, que asseguri una millor i més completa inserció en el mercat de treball i que aprofiti les potencialitats que hores d'ara ofereix la formació professional dual, entre altres aspectes a considerar.

4.2.3.2 Potenciar el rol de la dona en intel·ligència artificial

És coneguda la baixíssima presència femenina en el sector tecnològic. Segons dades d'un estudi elaborat per l'Institut Català de les Dones⁵⁵, les dones només ocupen un 30% dels llocs de treball del sector de les TIC a Catalunya. Tenint en compte que l'informe de novembre de 2018 de l'European Center for the Development of Vocational Training⁵⁶ preveu que un 84,5% d'oferta ocupacional serà d'àmbit tecnològic al 2025, la baixa presència femenina al sector implica un enorme risc d'exclusió laboral per raons de gènere en un futur molt proper.

En l'àmbit universitari, hi ha quatre vegades més homes que dones amb estudis relacionats amb les tecnologies de la informació i la comunicació. El cas de la enginyeria informàtica, una de les formacions més nuclears en l'àmbit de la intel·ligència artificial, constitueix un cas d'especial singularitat, ja que hi ha únicament una dona per cada deu homes cursant aquests estudis a Catalunya.

L'últim ingredient de l'equació és que la intel·ligència artificial és un sector emergent en ple creixement. En efecte, la demanda de professions tecnològiques incrementarà un 14% anual fins al 2025 a Europa segons l'informe Randstad i la intel·ligència artificial encapçala aquest moviment. Així, la intel·ligència artificial necessita molts més professionals dels que l'acadèmia genera. Actualment hi ha un dèficit professional important, cosa que determina pràcticament la plena ocupació del sector.

Ens trobem, doncs, amb un dibuix en què les dones no estan suficientment representades en tots els nivells del sector de les TIC, especialment en els llocs de presa de decisions, i tenen una presència

⁵⁵ <http://dones.gencat.cat/ca/detalls/Noticia/Dossier-TIC-2019>

⁵⁶ <http://www.cedefop.europa.eu/>

mínima en les carreres que qualifiquen per a aquest sector, però hi ha espai per invertir aquesta tendència perquè hi ha prou oferta per a tothom.

És important treballar per reequilibrar la presència femenina al sector per diverses raons:

1. Es vol donar cobertura a l'article 32 de la Llei 17/2015, del 21 de juliol, d'igualtat efectiva de dones i homes que estableix mesures per garantir la igualtat entre dones i homes en l'accés al treball, en la formació i en la promoció professional i les condicions de treball.
2. Les oportunitats d'inserció laboral en el sector TIC és enorme en general i, en particular, per a les dones, atesa la manca de professionals preparats per a aquestes ocupacions, per la qual cosa la qualificació tecnològica de les dones és avui per avui la millor garantia d'inclusió laboral en femení, vistes les tendències del sector ocupacional.
3. La visió plural sempre enriqueix l'exercici de les professions i les TIC no són una excepció. Incorporar la visió femenina és necessari per a la construcció d'un futur ple i igualitari. L'aportació de la visió femenina crea un diferencial prou contundent: segons Forbes, quan les dones han impulsat projectes i/o empreses, aquestes han superat amb més èxit situacions de crisi.

Els punts crítics en aquest aspecte són bàsicament dos: la manca de vocacions tecnològiques en les nenes, per això cal estimular l'interès de les noies per a les carreres tecnològiques i animar-les a cursar estudis científic-tècnics, i les dificultats per exercir un lideratge femení en el sector, per això s'ha de potenciar la participació de les dones en les esferes directives de les organitzacions en els àmbits tecnològics.

Catalunya és conscient de la situació i actualment hi ha una primera xarxa d'agents que aborden el problema. El Govern està desplegant el Pla Dona TIC, impulsat pel Departament de Polítiques Digitals i Administració Pública, que aporta un marc institucional en el qual emparar-se per potenciar la presència de dones en el sector de les TIC. Entitats emblemàtiques del sector de la intel·ligència artificial han constituït en els darrers anys estructures de gènere referents en aquestes qüestions, com per exemple el Col·legi Oficial d'Enginyeria Informàtica de Catalunya, que disposa de la comissió Dones COEINF, l'Associació Catalana d'Intel·ligència Artificial, amb el grup de treball donesIAcat, o la UPC amb el programa Aquí STEAM, i que, alhora, es coordinen amb altres entitats per estudiar la bretxa de gènere en la intel·ligència artificial i en l'enginyeria informàtica i contribuir a la seva disminució.

En aquest sentit, serà objecte de l'Estratègia amb el nom de CATALONIA.AI, desenvolupar un pla d'actuació que es desenvoluparà dins del marc del Pla Dona TIC de la Generalitat de Catalunya i amb la col·laboració de les diferents iniciatives existents i que tindrà per objectiu:

- Estimular vocacions primerenques en tecnologia.
- Equilibrar la presència femenina en la formació i habilitats TIC en l'àmbit de la formació professional, universitària i de postgrau.
- Fomentar la formació permanent que requalifiqui les dones per incorporar-se al sector de la intel·ligència artificial.
- Garantir la igualtat d'accés ocupacional de les dones en el sector.

- Habilitar mecanismes per fomentar la permanència de les dones en l'exercici de la professió en l'àmbit de la intel·ligència artificial al llarg de tota la vida laboral.
- Fomentar que les empreses, entitats i organismes públics i privats estableixin itineraris professionals que permetin l'arribada de les dones a les posicions de lideratge en igualtat d'oportunitats.
- Evitar, especialment, la fuga de talent femení i fomentar el retorn al país del talent fugat.
- Establir un ordenament de país a nivell d'accions de gènere en l'àmbit de la intel·ligència artificial i de les tecnologies en general per augmentar l'efectivitat d'aquelles accions que s'empenguin per assolir els objectius anteriors en què dones i homes col·laborin conjuntament sota aquestes directrius.

En tots els nivells, divulgar i visibilitzar els referents femenins en les escoles i en la societat catalana en general és important i això es pot dur a terme a petita escala (a través d'aquestes xerrades en diferents fòrums que ja s'esmentaven més amunt), la dotació de premis per a dones referents en tecnologia (Catalunya ja en té alguns) o a més gran escala a través d'accions a les xarxes socials, coordinades amb grans influenciadors o influenciadores com els youtubers o youtuberes de més seguidors, l'elaboració de sèries de contes o còmics en què apareguin personatges femenins amb rols tecnològics i la presència als mitjans de comunicació, en informatius o sèries on es visibilitzin aquests referents o el que significa desenvolupar una professió en l'àmbit de la intel·ligència artificial.

Respecte del lideratge, el desenvolupament d'un pla de suport a la vida laboral de les dones en l'àmbit de la intel·ligència artificial que combini serveis d'orientació professional, de requalificació, de formació permanent, de conciliació familiar i de promoció professional respectuosa amb les condicions específiques de la naturalesa femenina en el desenvolupament professional i en el sistema d'acreditacions vigents. L'establiment d'incentius a les empreses que disposin de directives, als programes de subvencions en l'àmbit de la intel·ligència artificial encapçalats per dones (a nivell professional o de recerca) poden ser estímuls que contribueixin de forma efectiva a invertir l'estat del sector actual.

En un quart eix, s'establiran mecanismes per identificar i quantificar el talent femení fugat en el passat i es dissenyaran accions institucionals per facilitar la recuperació d'aquest talent.

Actualment, es duen a terme moltes petites accions en molts àmbits: les escoles, les universitats, les empreses, les entitats i les institucions per tal d'empènyer en aquest sentit, la donesCOEINF, donesIAcat, la plataforma fent.talent, el programa Aquí STEAM en són alguns exemples, però n'hi ha molts més. És fonamental identificar, ordenar i coordinar aquestes accions i integrar-les de forma estratègica en instruments més efectius en la societat catalana per tal que prenguin, com un tot, més força i es pugui incrementar el seu impacte, seguir-lo i mesurar-lo adequadament. Establir un ordenament general, tal com anunciàvem, ajudarà a multiplicar l'efecte de tot aquest teixit que ja treballa.

Cal remarcar que totes aquestes accions no seran possibles si no es duen a terme entre dones i homes conjuntament, ni amb l'aportació dels recursos necessaris per fer-les possible sense la incansable

voluntarietat gratuïta de les persones que actualment les estan tirant endavant. Per tant, cal conscienciar tant les dones com els homes, i també les institucions.

4.2.4 Infraestructures i dades

Una de les àrees prioritàries per a la Comissió Europea en la seva proposta estratègia per al desenvolupament de la intel·ligència artificial a Europa és precisament fer les dades més accessibles i de manera segura per poder explorar i desplegar totes les potencialitats de la intel·ligència artificial. En realitat sense dades de qualitat no serà possible el correcte desenvolupament de la intel·ligència artificial, per tant, també per a l'estratègia catalana l'accés i la compartició de les dades al servei del desenvolupament de productes i serveis amb intel·ligència artificial és una de les primeres prioritats.

En aquest sentit, serà clau el desplegament de les infraestructures tecnològiques descrites en el punt 3.3 d'aquest document per disposar d'un país plenament connectat i amb centres de procés de dades i capacitat de computació distribuïda en el territori.

4.2.4.1 Promoció de laboratoris i infraestructures

La ràpida evolució del mercat, no únicament en l'àmbit de la intel·ligència artificial, sinó en el tecnològic en general, i la necessitat no únicament de cercar bones solucions a problemes sinó també de ser ràpids, àgils en el temps d'accés al mercat i capaços d'adaptar solucions a la realitat del mercat es tradueix en la necessitat de crear un entorn de prototipatge, de compartició d'experiències, dades, algorismes, mòduls, capacitat computacional, etc. per tal de provar i adaptar solucions al mercat.

S'impulsarà el CATALONIA.AI LAB com a entorn de compartició i testatge que ha de ser una finestra oberta a les idees i les iniciatives d'arreu que quedin aplegades i catalogades: innovació social des de les persones i per a les persones. El seu objectiu és doble, impulsar el sector tecnològic oferint accés a infraestructures i equipament, i, d'altra banda, potenciar la innovació oberta amb empreses i administracions públiques mitjançant la participació en proves pilot.

En aquest camp també es col·laborarà amb els agents de recerca i innovació especialitzats per tal de posar a l'abast dels projectes les infraestructures de computació i analítica de dades existents, com per exemple el Barcelona Supercomputing Center, l'Institut de Robòtica i Informàtica Industrial, la Plataforma Industrial 4.0 o l'espai de laboratori i demostració del CIDAI, entre d'altres. L'objectiu es dotar als grups de recerca i empreses d'infraestructures de computació així com laboratoris o espais d'innovació compartits.

4.2.4.2 Accés i compartició de dades

Un dels components essencials i diferenciadors d'un sistema d'intel·ligència artificial són les dades necessàries per alimentar qualsevol sistema d'intel·ligència artificial i entrenar-lo adequadament. La qualitat del conjunt de dades, les iteracions i la idoneïtat de l'entrenament de l'algorisme són molt importants en qualsevol projecte d'intel·ligència artificial.

En aquest sentit, es promouran les accions següents:

- Publicar i posar a l'abast de la comunitat dades públiques de qualitat i millorar l'accés dels grups de recerca locals a la informació i possibilitar l'ús d'informació contrastada i real que ajudi a desenvolupar les millors solucions possibles.
- Promoure i participar en mercats de dades correctes i segures amb altres comunitats i ecosistemes d'intel·ligència artificial. El volum i la diversitat de les dades contribueixen en gran mesura a la qualitat i l'excel·lència dels resultats obtinguts.
- Promoure la producció i donació de dades públiques i privades, com a dret fonamental de persones i com a llegat de qualitat i benefici social, sempre tenint en compte els criteris ètics i de privacitat consensuats per la comunitat.

4.2.5 Adopció de la intel·ligència artificial

Tot i que en un principi l'ús de les tècniques d'intel·ligència artificial estaven destinades a grans empreses molt relacionades amb el sector tecnològic, cada cop més empreses i administracions públiques comencen a adoptar solucions basades en intel·ligència artificial. Això es degut a diferents factors: millors i més econòmiques capacitats de computació, més i millors prestacions en processos mecànics i repetitius, més disponibilitat de dades corporatives i externes, desenvolupament de les capacitats de predicció i una cada cop més positiva correlació entre aplicabilitat i beneficis.

En aquest sentit, un dels eixos prioritari d'actuació de CATALONIA.AI serà impulsar i accelerar els processos d'adopció de la intel·ligència artificial en els diferents sectors industrials de Catalunya, així com en la mateixa Administració i els àmbits socials.

4.2.5.1 L'Administració com a pionera en l'aplicació de la intel·ligència artificial

Com a gran generador, gestor i contenidor de dades, l'Administració pública ha de liderar i ser exemple d'ús de la intel·ligència artificial. L'objectiu és arribar a ser una **administració intel·ligent, eficient i transparent amb serveis públics digitals, proactius i personalitzats** que simplifiqui la relació amb el ciutadà i optimitzi la seva gestió mitjançant l'automatització de processos.

L'aplicació de la intel·ligència artificial al servei públic ofereix beneficis directes i indirectes a la ciutadania. Entre els beneficis directes es troben tots els derivats de l'aplicació de la intel·ligència artificial per donar resposta a necessitats concretes del ciutadà. La intel·ligència artificial ajuda a agilitar i facilitar l'atenció al públic, l'emplenament de formularis, el pagament d'impostos, el diagnòstic de malalties, l'ensenyament personalitzat, la participació ciutadana, la presa de decisions, la protecció de dades, etc. Aquesta nova tipologia de solucions redunda en beneficis indirectes, en una millora de la qualitat del servei públic, ja sigui mitjançant la simplificació de processos, l'augment de l'eficàcia, el control del frau, l'optimització de recursos o la seva gestió intel·ligent.

L'Administració pública catalana ha de ser impulsora de solucions d'intel·ligència artificial. De la mà dels diferents departaments del Govern i conjuntament amb els organismes pertinents s'han d'anar

adoptant solucions amb intel·ligència artificial. Per fer-ho serà necessari disposar de dades fiables i d'un entorn de proves adequat per a la millora dels serveis públics i també impulsar un conjunt d'iniciatives per permetin accelerar l'adopció de les tecnologies innovadores en l'explotació de les dades i intel·ligència artificial, entre les quals destaquen:

Programa de detecció d'oportunitats

Per tal d'impulsar l'ús, per part de l'Administració pública, de la tecnologia intel·ligència artificial, una primera línia d'acció serà posar en marxa un programa de detecció i anàlisi de casos d'ús i d'oportunitats de millora pels diferents departaments i organismes de la Generalitat de Catalunya.

La finalitat és determinar quins beneficis podrien aportar aquest tipus de tecnologies tant per a la Generalitat com per al ciutadà respecte a aplicacions concretes.

Observatori d'intel·ligència artificial per a l'Administració pública

Donada la celeritat en què aquest tipus de tecnologies es desenvolupen i s'implanten arreu del món es posarà en marxa un observatori d'intel·ligència artificial encarregat d'identificar, catalogar i analitzar les tendències, l'evolució, el desenvolupament tecnològic i el desplegament de la intel·ligència artificial a escala nacional i internacional, així com d'avaluar les diferents iniciatives que s'estan duent a terme a Catalunya i compartir les conclusions i el coneixement generat.

Desenvolupament de casos d'ús

Atenent als diferents punts tractats en aquest apartat, s'impulsarà, en els diferents àmbits de la Generalitat de Catalunya, el desenvolupament de proves de concepte i projectes que utilitzin les tecnologies d'intel·ligència artificial amb la voluntat de millorar els serveis digitals a la ciutadania.

En aquest sentit, es crearà un grup de treball interdepartamental que s'encarregarà d'identificar, prioritzar i impulsar el desplegament d'aquesta tecnologia en els diferents departaments i organismes de la Generalitat de Catalunya.

CATALONIA.AI CHALLENGE

Per tal d'involucrar els desenvolupadors, emprenedors, empreses emergents, petites i mitjanes empreses de l'ecosistema d'intel·ligència artificial català perquè creïn noves solucions tecnològiques, impulsarem el CATALONIA.AI CHALLENGE, una competició que connecti les problemàtiques i els reptes plantejats des de l'Administració pública amb les propostes que ofereix l'ecosistema d'intel·ligència artificial de Catalunya per tal de desenvolupar proves de concepte i solucions innovadores que donin resposta als reptes plantejats.

4.2.5.2 El desenvolupament de la intel·ligència artificial en sectors estratègics

Les característiques de les tecnologies d'intel·ligència artificial permetran l'aparició de productes i serveis nous orientats, de manera específica, a les necessitats de sectors econòmics clau com el transport, la salut, l'educació, la indústria manufacturera, la logística o els mitjans de comunicació, entre d'altres, els quals poden aprofitar els avantatges disruptius que es generen i millorar la

competitivitat respecte d'altres entorns internacionals. Tanmateix, les tecnologies d'intel·ligència artificial es troben en molts casos en fase de desenvolupament, tot i que ja hi ha productes efectius al mercat, de manera que es preveuen diverses onades tecnològiques, cosa que farà encara més important la cooperació contínua entre els diferents actors de l'ecosistema.

En aquest sentit, s'impulsarà un **programa de dinamització sectorial** que permeti la captació de reptes empresarials i socials amb l'objectiu de desenvolupar serveis i solucions específiques adaptades a les necessitats existents. Per fer-ho es duran a terme activitats de cocreació per a la generació de propostes, que uneixin en un únic espai l'oferta i la demanda de diferents sectors, per tal d'analitzar potencials casos d'ús, visualitzar casos d'èxit i identificar proves de concepte a realitzar, aprofitant els programes existents o opcions noves que es puguin generar. En aquest context, les activitats de connexió es poden desenvolupar en forma de fòrum ciència-empresa, de trobades amb la ciència o l'empresa, o mitjançant la connexió amb clústers i associacions que garanteixin la màxima efectivitat i representativitat sectorial, juntament amb el suport dels diferents departaments de la Generalitat de Catalunya i de les administracions locals impulsores d'iniciatives tecnològiques de tipus sectorial.

Es tracta, doncs, d'identificar quins són els principals casos d'ús d'aplicació de la intel·ligència artificial en cada un dels sectors, difondre'ls entre les empreses i acompanyar-los en el seu procés d'implementació. En aquells casos que sigui necessari fomentar la recerca i innovació d'intel·ligència artificial en les empreses, ja sigui interna o externa (en aquest cas, fomentant especialment la transferència tecnològica amb els Centres TECNIO). El centre d'excel·lència en intel·ligència artificial al qual fèiem referència anteriorment serà l'entorn més adequat en el qual iniciar moltes d'aquestes iniciatives.

Per al desenvolupament d'aquest programa de dinamització sectorial es prioritzaran els àmbits d'aplicació de la intel·ligència artificial d'acord amb els sectors líders de la RIS3CAT, fet que no descarta el desenvolupament de projectes estratègics en altres àmbits. Concretament, els sectors prioritzats inicialment són:

Agroalimentari

El sector agrari (agricultura, ramaderia, pesca i silvicultura) i agroalimentari (fabricació d'aliments i begudes) representa un 17% del producte interior brut (PIB) industrial de Catalunya. Durant les dues darreres dècades, la capacitat de transformació del sector ha convertit la indústria agroalimentària en una part fonamental de les manufactures catalanes i, a la vegada, en un dels principals motors del canvi i la transformació del model econòmic del país. Amb més de 3.500 empreses, la indústria agroalimentària és la primera branca industrial a Catalunya en volum de negoci, el principal sector exportador, i configura el primer clúster agroalimentari europeu.

L'aplicació i ús de la intel·ligència artificial se centraria en l'optimització dels recursos naturals i té en un primer moment una gran connexió amb dispositius de la internet de les coses (IoT) que permetrien una millor eficiència i traçabilitat de les explotacions agrícoles.

L'estalvi energètic i l'optimització de recursos naturals i propis obren un gran camp de possibilitats a explotar. Considerant el pes del sector a Catalunya, aquest seria un dels sectors prioritaris per desenvolupar.

Salut i benestar

El sector sanitari és un dels àmbits en què l'ús de la intel·ligència artificial té més història i una millor projecció. La creixent esperança de vida, així com l'estalvi que es preveu a través de l'ús de la intel·ligència artificial en la salut són dos dels principals vectors en els quals es basa aquesta priorització.

En el camp de la salut mental, la intel·ligència artificial pot contribuir amb formes innovadores de diagnòstic no invasives que poden permetre identificar malalties abans que es manifestin i contribuir amb tècniques de triatge rendibles. L'anàlisi de la parla i la escriptura ja es fan servir, entre d'altres, per detectar alteracions de conducta i fins i tot tendències suïcides. La robòtica social potenciada amb intel·ligència artificial pot donar solucions terapèutiques alternatives més enllà del tractament convencional, per exemple donant suport a persones que pateixen síndrome de l'espectre autista.

La gran i diversa quantitat de dades mèdiques existents (per exemple les històries clíniques dels ciutadans de Catalunya), la protocol·lització dels diagnòstics i tractaments, els avenços en la visió per computador i l'agilitat en l'ús d'interpretació i accés a gran quantitat d'informació, a més de les tendències actuals sobre medicina preventiva i personalitzada, fan que la intel·ligència artificial tingui en la salut un gran camp de recerca i aportació de valor.

Per altra banda, avui en dia, el sector farmacèutic és un dels sectors que, per mitjà de la supercomputació i la simulació, ja es beneficia d'aquestes tècniques per a la creació i l'avaluació de nous fàrmacs.

Educació

Un dels eixos prioritaris d'aquesta estratègia està vinculat a la generació, retenció i atracció de talent especialitzat en intel·ligència artificial, per fer-ho també serà clau el desplegament d'aquestes tecnologies en el propi sector educatiu.

L'educació serà profundament transformada per la intel·ligència artificial modificant les eines d'ensenyament, les formes d'aprenentatge i l'accés al coneixement. Gràcies a la intel·ligència artificial podrem facilitar un acompanyament al docent i a l'estudiant per una educació més flexible i personalitzada.

A més a més, Catalunya disposa d'un sector edutech potent amb més de 600 empreses i una facturació de 2.300 milions d'euros per lo que serà essencial treballar amb aquest ecosistema d'empreses i els agents educatius per facilitar l'adopció de la intel·ligència artificial en el sector.

Indústries culturals i basades en la experiència

El sector que anomenem d'experiències comprèn el que coneixem com a sector turístic i cultural. La tecnologia aplicada a aquestes dues indústries permet millorar i augmentar la productivitat i la

promoció de les seves ofertes i serveis i, alhora, conèixer l'oferta de la competència i el comportament dels potencials clients. En aquest sentit, les tècniques d'intel·ligència artificial tenen un gran potencial en punts tan concrets com el màrqueting, la gestió de les xarxes socials, la personalització de les experiències, la fidelització, la millora de l'oferta existent, etc.

Un altre camp a destacar, i aquest és transversal a tots els sectors, és el fet que la intel·ligència artificial permet l'anàlisi i la interpretació de les dades existents que es recullen fruit de tota aquesta activitat i que possibiliten una millor planificació i estratègia futura.

Llengua

Un dels eixos prioritaris d'aquesta estratègia està vinculat a l'ús normalitzat de la llengua catalana en les interfícies com a element clau en el desplegament d'aquestes tecnologies d'intel·ligència artificial, ja que la llengua és l'element de comunicació de base per a accedir, utilitzar i interactuar amb aquestes tecnologies.

La presència i ús normal del català, com també de l'aranès, és un element clau per garantir els drets lingüístics dels ciutadans en l'àmbit de la intel·ligència artificial, que també ha de donar sortida a la recerca i a l'aplicació de les tecnologies de la llengua actualment en desenvolupament, en sistemes de reconeixement de veu o de producció de veu artificial pel que fa a les llengües pròpies a Catalunya.

Mobilitat

Aquest sector comprèn tots els agents que treballen en el desenvolupament de solucions per a una mobilitat i un transport més sostenible: indústria de l'automoció (fabricants i proveïdors), indústria del ferrocarril, infraestructures físiques, operadors de transports i infraestructures, gestors de flotes, indústries de la logística de mercaderies i mobilitat avançada de les persones, serveis TIC (tecnologies mòbils, comunicacions V2X, vehicles autònoms, etc.), distribuïdors d'energia, indústria del subministrament energètic (punts de càrrega elèctrica, combustibles alternatius, etc.), administracions públiques i altres institucions amb competències en la gestió i seguretat del transport al territori o com a promotors, legisladors, reguladors o usuaris des del punt de vista de flotes corporatives, universitats, centres de recerca i centres tecnològics, així com els usuaris a nivell individual o col·lectiu, a nivell particular o com a empresa/entitat.

El vehicle autònom, les noves formes de transport, la planificació i gestió del trànsit, com per exemple l'adaptació de la regulació semafòrica en temps real, són una petita mostra dels camps d'aplicació de la convergència de dades, la internet de les coses i la intel·ligència artificial. Reduir la contaminació, prevenir accidents i posar a l'abast de tothom la possibilitat de desplaçament i transport són prioritats en aquest camp.

Energia i sostenibilitat

La tecnologia pot esdevenir un catalitzador per a la innovació social, el marc comú aprovat internacionalment per articular l'acció de la tecnologia responsable en la societat, dins de l'agenda internacional de sostenibilitat. Aquests són els ODS (Objectius per a Desenvolupament Sostenible 2030). Les Nacions Unides, el 25 de setembre de 2015, va identificar els 17 objectius per al

desenvolupament sostenible que marquen les línies d'actuació social i empresarial. L'aposta de les Nacions Unides per les dades com a mecanisme per revolucionar sistemes socials ha donat lloc a diverses iniciatives de dades a escala internacional (per exemple el data4sdg.org i l'undatarevolution.org) sobre aquestes qüestions. Per això, la intel·ligència artificial és una peça clau per al desenvolupament d'aquest nou marc i la implementació dels ODS, una de les prioritats del Govern.

La contribució a l'economia circular, la lluita contra el canvi climàtic i la sostenibilitat energètica són camps en què la intel·ligència artificial pot i ha de contribuir més.

Indústria 4.0

La indústria 4.0 transformarà el disseny, els sistemes de producció i els productes mateixos. S'estima que la connectivitat entre tots els sistemes (anomenats sistemes ciberfísics) al llarg de la cadena de valor i més enllà d'una sola empresa, i la interacció entre les diferents parts, màquines i humans, farà els sistemes productius un 30% més ràpids i un 25% més eficients. A més, elevarà la personalització massiva dels productes a nous nivells. La fabricació passarà de parts individuals automatitzades a instal·lacions automatitzades totalment integrades que es comuniquin entre elles. Es podran recopilar i analitzar dades entre màquines, cosa que permetrà l'existència de processos més ràpids, flexibles i eficients per produir béns de qualitat més alta a costos més reduïts. Això incrementarà la productivitat, fomentarà el creixement industrial, modificarà el perfil de la mà d'obra i redefinirà la dinàmica de la competitivitat global en les empreses i les regions

La intel·ligència artificial en l'àmbit de la indústria 4.0 esdevé un rol fonamental, ja que facilita la transformació de dades en coneixement a través de la generació de sistemes experts basats en algorismes, models predictius o solucions d'aprenentatge automàtic (*machine learning*) que permetin l'anàlisi d'aquestes dades i facilitin la presa de decisions, o també, incorporant funcions intel·ligents en els seus components, o sistemes associats que permetin conèixer la seva traçabilitat completa, la seva personalització segons les necessitats dels clients o la generació de nous models de negoci disruptius a partir de la recollida, l'anàlisi i l'ús de les dades generades. En definitiva, la intel·ligència artificial esdevé un vector clau dins de la indústria 4.0 per ser més competitiu.

En aquest àmbit, la Generalitat impulsa el programa Indústria 4.0 per incentivar la transformació tecnològica de les empreses de Catalunya, incloent-hi els serveis i les capacitats tecnològiques associades a l'ús i la implementació de solucions per a l'empresa basades en la intel·ligència artificial.

4.2.6 Ètica i societat

És necessari garantir que els usos de la intel·ligència artificial se centrin en el benestar dels éssers humans: la intel·ligència artificial ha de desenvolupar-se, aplicar-se i usar-se amb una finalitat ètica, basada en els drets fonamentals, els nostres valors socials i culturals i els principis ètics de beneficència, autonomia dels éssers humans, justícia i la necessària explicabilitat dels seus resultats. Fonaments importants a l'hora de treballar per aconseguir una intel·ligència artificial veritablement segura i fiable.

El disseny de noves aplicacions i eines basades en la intel·ligència artificial ha de prestar especial atenció a situacions que afecten a grups vulnerables com ara nens, persones amb discapacitat, ancians o minories, o a situacions amb asimetries de poder o informació, com les que hi ha entre ocupadors i empleats, o empreses i consumidors, i ser conscients que la intel·ligència artificial, encara que aporti importants avantatges per a les persones i la societat, pot tenir un impacte negatiu. L'Administració i la societat han d'estar alerta davant aquestes qüestions d'especial preocupació.

És necessari que els professionals que es dediquin a aquest àmbit siguin conscients de l'impacte social que pot tenir l'ús i l'aplicació de la intel·ligència artificial i per tant des de CATALONIA.AI es promourà la incorporació de matèries relacionades amb l'impacte i les implicacions ètiques, legals i socials de la intel·ligència artificial en els estudis de grau, postgrau i màster d'aquest àmbit. També dins de l'àmbit de la recerca promovent aquells projectes que estan centrats en incloure els valors humans en la presa de decisions automàtiques.

Cal aconseguir incorporar i garantir mecanismes i requisits per aconseguir una intel·ligència artificial fiable i incorporar elements que permetin auditar i avaluar algorismes, procediments i traçabilitat de l'ús d'aquestes tecnologies. L'ús de la intel·ligència artificial ha de ser responsable, prudent, segur i ha d'incorporar un raonament ètic, en el sentit de seguir i preservar la tradició i el fet diferencial europeu en tot allò que afecta les persones i el seu desenvolupament, i garantir la justícia, la transparència i la legalitat. En aquest sentit i en compliment i desenvolupament del contingut del document de "Directrius ètiques per a una IA fiable" al que s'ha fet referència en l'apartat 2.4, CATALONIA.AI farà ús dels requeriments per a la construcció d'una intel·ligència artificial fiable a través de la llista d'avaluació proposada pel grup d'experts d'alt nivell sobre intel·ligència artificial i contribuirà a la seva evolució i millora constant.

4.2.6.1 Creació de l'Observatori Ètic de la Intel·ligència Artificial

CATALONIA.AI ha de liderar, entre d'altres, l'àmbit de l'ètica i de les bones pràctiques en l'ús i el disseny de la intel·ligència artificial, i fer seves no únicament les directrius sobre l'ètica per a una intel·ligència artificial fiable del Grup d'experts d'alt nivell sobre intel·ligència artificial de la Comissió Europea, la Declaració de Barcelona del març del 2017 i la de Mont-real de desembre de 2019, sinó proposar accions, idees i principis per tal de vetllar pels principis ètics i legals centrant en el benestar de les persones la finalitat última de la intel·ligència artificial.

Es aquest àmbit es posarà en marxa un Observatori Ètic de la Intel·ligència Artificial per investigar els impactes ètics, establir directrius per publicar les millors pràctiques en aquest camp i compartir aquest coneixement i treball amb altres organismes internacionals, en particular, The Partnership on AI⁵⁷, The AI4EU Platform i col·laborarà estretament a través de les seves publicacions amb els diferents grups d'experts sobre ètica a nivell internacional.

Un dels objectius serà promoure l'elaboració d'una guia de bones pràctiques de la intel·ligència artificial per tal que els diferents actors de la comunitat es comprometin a seguir en la seva activitat.

⁵⁷ <https://www.partnershiponai.org>

Per altra banda també s'analitzarà els canvis que seran necessaris en la regulació o legislació que s'anticipi al possible impacte i efectes de les aplicacions en la intel·ligència artificial.

4.2.6.2 Promoure espais de reflexió i debat sobre l'impacte de la intel·ligència artificial en la societat

L'impacte de la intel·ligència artificial en la nostra societat està fora de dubte. No obstant això, el que està generant un debat més important és si aquest impacte serà positiu o negatiu. En aquest sentit, la societat comença a reclamar l'existència d'un cert marc ètic que defineixi els principis bàsics per al desenvolupament sostenible i responsable de la intel·ligència artificial i, per tant, les institucions competents i els grups de referència en la matèria ja han començat a donar resposta a aquesta demanda social.

És important obrir aquest debat al conjunt de la societat, no deixar-ho únicament en mans dels experts i propiciar espais de reflexió sobre la finalitat i els beneficis de la intel·ligència artificial per a la ciutadania. Aquests espais de reflexió han d'incloure activitats de difusió i alhora estar en contacte amb altres comunitats internacionals a les quals estendre aquest debat. Un dels resultats d'aquestes accions ha de ser l'elaboració d'un relat que permeti desmitificar les falses idees que giren a l'entorn de la intel·ligència artificial i aclarir realment els seus beneficis i als riscos a què ens enfrontem si no vetllem per un desenvolupament ètic i responsable de la tecnologia.

És necessària la conscienciació de tota la societat per tal que la ciutadania adquireixi el coneixement mínim necessari per a poder opinar sobre certes aplicacions i, el que encara és més important, puguin entendre els criteris amb els que s'estan prenent moltes de les decisions que ens afecten i que cada vegada es realitzen de forma més automàtica.

En aquest sentit, CATALONIA.AI col·laborarà amb el programa Digital Future Society⁵⁸, impulsat per la Mobile World Capital Barcelona, que inclou un laboratori d'idees (*think tank*) global sobre l'impacte de la tecnologia en la societat i en el qual un dels temes principals que està tractant és l'impacte de la intel·ligència artificial. L'objectiu és connectar l'ecosistema local i les conclusions obtingues a Catalunya amb els agents i experts internacionals que participen en el programa.

Per altra banda, es promouran activitats de ciència ciutadana en col·laboració amb la xarxa Catlabs, impulsada per la Generalitat de Catalunya amb grups de dinamització, en què el ciutadà pugui experimentar de primera mà amb la intel·ligència artificial i proporcionar-nos les seves pròpies conclusions. Un exemple d'activitat en aquest àmbit és l'ExperimentAI⁵⁹ impulsada pel Centre de Visió per Computador i la Universitat Autònoma de Barcelona en el Library Living Lab de Sant Cugat. L'objectiu principal del projecte és contribuir a la democratització de l'accés universal al coneixement i la innovació per a totes les persones posant en marxa un espai de cocreació amb els ciutadans, diferents actors socials i col·lectius professionals per poder donar resposta als reptes que la tecnologia de visió per computador i la intel·ligència artificial llancen a la societat.

⁵⁸ <https://digitalfuturesociety.com/>

⁵⁹ <http://librarylivinglab.cvc.uab.cat/calendar/experimentai-the-impact-of-artificial-intelligence-in-society/?lang=es>

4.2.6.3 Promoure l'impacte social de la intel·ligència artificial en col·laboració amb organismes nacionals i internacionals del tercer sector

Finalment, un dels àmbits d'actuació que l'estratègia CATALONIA.AI impulsarà estarà centrat en fer realitat el potencial impacte que pot tenir la intel·ligència artificial en el sector social, amb aplicacions per millorar el benestar social de les persones, per lluitar contra la pobresa o l'exclusió social, pel desenvolupament sostenible així com per donar suport a la cooperació internacional en la gestió de crisis humanitàries on la intel·ligència artificial pot tenir un paper rellevant.

Aquestes iniciatives socials en col·laboració amb organitzacions no governamentals permetran millorar la percepció de la societat envers la intel·ligència artificial pel seu impacte directe en la millora de la qualitat de vida de les persones amb més necessitats. D'aquesta manera podran ser exemple d'altres tipus d'aplicació en el dia a dia de les persones.

5. Conclusions

És evident que la intel·ligència artificial forma part destacada d'una revolució tecnològica que provocarà una transformació notable en la societat i l'economia. Catalunya ha de desenvolupar i executar una estratègia al respecte que permeti fer d'aquesta transformació una important contribució a la societat i al teixit empresarial i econòmic de tot el territori.

Catalunya disposa d'excel·lents capacitats que la fan un país idoni per destacar en l'àmbit de la intel·ligència artificial, com ho són, entre d'altres, les capacitats en recerca i innovació, les ja existents infraestructures de supercomputació, robòtica i telecomunicacions disponibles, els centres de recerca de gran solvència, capacitat i experiència, un notable posicionament com a país en la captació d'inversió i atracció de talent, empreses emergents i empreses ja consolidades, un ecosistema digital de primer nivell, i el fet de tenir Barcelona com a capital mundial del mòbil i seu de les principals fires tecnològiques del món.

L'impuls de la intel·ligència artificial constitueix una prioritat del Govern que vol donar suport al desplegament de la tecnologia d'intel·ligència artificial i fer de Catalunya un pol de referència internacional en recerca, innovació i generació i atracció de talent, empreses i inversors en l'àmbit de la intel·ligència artificial.

Amb aquest objectiu el Govern de la Generalitat de Catalunya impulsa l'Estratègia d'intel·ligència artificial de Catalunya, que amb el nom de CATALONIA.AI, desplegarà un programa d'actuacions específiques per enfortir l'ecosistema d'intel·ligència artificial existent a Catalunya i liderar la generació de coneixement, l'aplicació social i empresarial i la creació de solucions basades en intel·ligència artificial orientades a fomentar el creixement econòmic i millorar la vida de les persones.

L'Estratègia d'intel·ligència artificial de Catalunya està coordinada per la Secretaria de Polítiques Digitals del Departament de Polítiques Digitals i Administració Pública, conjuntament amb la Secretaria d'Administració i Funció Pública pel que fa al desplegament de l'estratègia en l'àmbit de l'administració digital, i el colideratge de la Secretaria d'Empresa i Competitivitat i la Secretaria d'Universitats i Recerca del Departament d'Empresa i Coneixement, i la participació de la resta de departaments.

CATALONIA.AI desplegarà un pla estratègic multisectorial, transversal i centrat en les persones que prioritzarà sectors com la salut, la mobilitat, la sostenibilitat, l'economia productiva, l'agroalimentació i els serveis públics, que es concretarà al voltant dels eixos següents:

- **Ecosistema:** impulsar un model de governança transversal que doni suport al desenvolupament d'un ecosistema d'intel·ligència artificial coordinat i connectat amb el món.
- **Recerca i innovació:** potenciar la recerca i la innovació mitjançant l'aplicació d'instruments específics i l'establiment de sinergies entre l'Administració, els centres de recerca i innovació especialitzats i les organitzacions usuàries intenses en intel·ligència artificial.
- **Talent:** crear, atraure i retenir el talent especialitzat que impulsi el desenvolupament de solucions d'intel·ligència artificial i la transferència de coneixement a la societat, a la vegada que capacita la ciutadania i els professionals d'altres sectors per afrontar els seu impacte.

- **Infraestructures i dades:** disposar de les infraestructures necessàries per al desenvolupament de la intel·ligència artificial i facilitar l'accés segur a les dades públiques i privades.
- **Adopció de la intel·ligència artificial:** impulsar la incorporació de la intel·ligència artificial com a motor d'innovació en l'Administració i en sectors estratègics com l'agroalimentari, la salut i el benestar, el medi ambient, la mobilitat, el turisme, la cultura i la indústria, entre d'altres.
- **Ètica i societat:** promoure el desenvolupament d'una intel·ligència artificial ètica, que respecti la legalitat vigent, sigui compatible amb les nostres normes socials i culturals, i estigui centrada en les persones.

L'Estratègia d'intel·ligència artificial de Catalunya ha de ser compartida per tota l'Administració pública catalana i els agents del sector privat perquè la intel·ligència artificial provocarà transformacions i canvis en àmbits que traspassen les fronteres de la tecnologia, la recerca i la investigació i que inclouen les persones, l'ètica, l'entorn laboral, l'àmbit legislatiu, l'educació, els serveis públics i la transformació dels sectors productius.

6. Sigles

ACCIÓ	Agència Catalana per a la Competitivitat de l'empresa
ACIA	Associació Catalana de la Intel·ligència artificial
AGAUR	Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca
AI	Artificial Intelligence
AI4ALL	Artificial Intelligence for All
AI4EU	Artificial Intelligence for Europe
AQUAS	Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya
BSC	Barcelona Supercomputing Center
CATNIX	Punt d'intercanvi de tràfic de dades en l'àmbit territorial català
CCIA	International Conference of the Catalan Association for Artificial Intelligence
CDTI	Centre per al Desenvolupament Tecnològic Industrial
CERCA	Centres de Recerca de Catalunya
CIA	Central Intelligence Agency
CLAIRE	Confederation of Laboratories for Artificial Intelligence in Europe
COEINF	Col·legi Oficial d'Enginyeria en Informàtica de Catalunya
CPD	Centre de Processament de Dades
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
DAFO	Debilitats – Amenaces – Fortaleses – Oportunitats
DARPA	Defense Advanced Research Projects
ELLIS	European Laboratory for Learning and Intelligent Systems
EurAI	European Association for Artificial Intelligence
HPC	High Performance Computing
ICFO	Institut de Ciències Fotòniques
IDEAI-UPC	Intelligence Data Science and Artificial Intelligence Research Center
IA	Intel·ligència artificial
IIIA	Institut d'Investigació en Intel·ligència Artificial

ODS	Objectius de Desenvolupament Sostenible
PIB	Producte Interior Brut
PIME	Petita i Mitjana Empresa
PRACE	Partnership for Advanced Computing in Europe
R+D+I	Recerca, Desenvolupament i Innovació
STEAM	Science, Technology, Engineering, Art & Mathematics
TIC	Tecnologies de la informació i Comunicació
YOMO	Youth Mobile Festival

Apèndix I. La intel·ligència artificial a les universitats catalanes

En l'apartat 3.1.1 Universitats s'identifiquen els principals grups o centres de recerca de les diferents universitats catalanes que desenvolupen la intel·ligència artificial o treballen intensivament amb aquesta tecnologia. A continuació presentem informació més detallada relativa a la implicació de les universitats catalanes en el desenvolupament de la intel·ligència artificial a Catalunya.

- **Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)**

La UPC destaca especialment en el camp de la intel·ligència artificial. Fruit de la recerca intensa en intel·ligència artificial de diversos grups de la UPC, alguns dels quals són pioners en aquesta àrea des de fa 40 anys, l'any 2017 es va crear el centre específic de recerca en Intelligent Data Science and Artificial Intelligence (IDEAI-UPC⁶⁰) que dedica els seus esforços a la resolució de problemes reals, relacionats amb el context econòmic i industrial més immediat.

Amb la formació d'aquest centre, s'uneixen, sota un mateix paraigua, competències d'ampli espectre en aquesta disciplina i enfocaments complementaris. És important destacar que un dels grups integrants d'IDEAI, el grup d'Enginyeria del Coneixement i Aprenentatge Automàtic (KEMlg⁶¹), és un dels primers grups de recerca en intel·ligència artificial de Catalunya i va ser el creador del programa de doctorat en intel·ligència artificial al 1985, pioner a l'Estat espanyol, que, gestionat per la UPC, va liderar la creació del màster interuniversitari en intel·ligència artificial que es planteja des de l'inici amb perspectiva global per Catalunya i s'imparteix de forma coordinada per la UPC, la UB i la URV, amb una afluència molt notable d'estudiants internacionals.

L'activitat del centre de recerca IDEAI-UPC es focalitza al voltant de 7 línies estratègiques d'aplicació: educació; sistemes ambientals i de sostenibilitat; inclusió, salut i benestar; indústria 4.0; societat digital; economia; ètica i responsabilitat, amb vocació de fomentar el talent i la innovació i abordar els aspectes ètics que envolten la disciplina.

Per afrontar els actuals reptes en aquestes àrees, el centre de recerca IDEAI-UPC potencia la recerca i la transferència de tecnologia en els àmbits de la intel·ligència artificial i la ciència de dades intel·ligent següents:

- Algorismes d'aprenentatge automàtic (*machine learning*): aquesta línia de recerca defineix el caràcter bàsic que aglutina els diferents grups de recerca. Aquests sistemes tenen la capacitat per aprendre i millorar a partir de l'experiència sense ser explícitament programats. Es treballa en àmbits com ara el desenvolupament d'agents intel·ligents, l'anàlisi de la dinàmica de les estructures socials, la construcció de models formals per a la definició de normes i convencions per al comerç electrònic, en el disseny de processos de flux d'informació, el raonament basat en episodis temporals, les tècniques d'argumentació, els mètodes híbrids entre l'estadística i la intel·ligència artificial, les xarxes bayesianes, el raonament basat en

⁶⁰ <https://ideai.upc.edu/en>

⁶¹ <https://kemlg.upc.edu/ca>

casos, tècniques d'aprenentatge automàtic supervisat i sense supervisió, la identificació i construcció de models de coneixement, la representació del coneixement, les ontologies, les xarxes socials, la web semàntica, els serveis web, etc.

- Ciència de dades i enginyeria de dades: recerca en metodologies que permeten cercar, tractar, analitzar i extreure de les dades el coneixement rellevant contingut, entre altres coses, per donar suport a la presa de decisions.
- Sistemes de processament de llenguatge natural i de processament de la veu: aquesta línia se centra en el processament de la llengua, principalment en forma escrita i parlada. El ventall de problemes relacionats amb el processament de la llengua va des de tasques de processament bàsic (anàlisi morfològica, sintàctica, semàntica) fins a aplicacions de més alt nivell (extracció d'informació, traducció automàtica, resum automàtic, resposta a preguntes, sistemes de diàleg, etc.). Pel que fa a la veu, s'utilitzen tècniques especialitzades per reconèixer el discurs a partir de senyals d'àudio i poder-lo conceptualitzar amb les eines de llenguatge natural prèviament descrites, així com per construir discursos verbals a partir de bases de dades especialitzades. Aquest és un dels pocs àmbits científics que necessita desenvolupar recursos específics per a cada llengua. IDEAI-UPC té recursos en diferents llengües comunitàries i no comunitàries.
- Sistemes intel·ligents de suport a la presa de decisions: aquesta línia de recerca treballa en la creació d'algorismes, models cognitius i visualitzacions intel·ligents per donar suport efectiu a la presa de decisions d'individus i/o organitzacions. Els dominis d'aplicació on IDEAI-UPC té experiència inclouen l'assistència sanitària, els processos i sistemes ambientals, els sistemes socials i basats en internet i en el sector industrial i empresarial.
- Visió per computador: amb expertesa en tècniques de tractament dels senyals visuals per a l'anàlisi i representació del contingut visual, amb utilitat en interacció [interfícies, habitacions intel·ligents (*smart-rooms*)], aplicacions d'imatge biomèdica i teledetecció, producció audiovisual i seguretat. En la representació del contingut, es disposa d'experiència en compressió de vídeo i indexació d'acord amb els estàndards internacionals com MPEG-4 i MPEG-7.
- Sistemes cognitius i de raonament computacional: aquesta línia de recerca resulta de combinar l'experiència dels grups de recerca integrants del centre de recerca en el desenvolupament de sistemes computacionals capaços d'emprar diferents formes de coneixement per raonar de forma autònoma i/o semiautònoma, sovint en entorns socials i en cooperació amb altres ens intel·ligents (inclosos els humans).
- Aplicacions, en tant que permeten (i) identificar i definir problemes reals, més complexos, que requereixen solucions realment intel·ligents, (ii) aconseguir retroalimentació en els

desenvolupaments realitzats, (iii) interaccionar amb el teixit industrial i socioeconòmic del nostre voltant, aportant valor afegit.

La UPC ha teixit una complexa xarxa d'aliances internacionals amb altres universitats, institucions de recerca i empreses que articulen nous projectes i sustenten un bon nombre d'iniciatives en les quals la paraula *col·laboració* és l'element clau. Un món global i interconnectat, que fomenta la compartició de coneixements i experiències és l'escenari d'acció d'aquestes aliances sense fronteres.

- **Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)**

El campus de la UAB té dos centres de referència en intel·ligència artificial: l'Institut d'Investigació en Intel·ligència Artificial (IIIA⁶²) i el Centre de Visió per Computador (CVC⁶³).

L'Institut d'Investigació en Intel·ligència Artificial (IIIA) fou fundat l'any 1994 per un grup d'investigadors provinents del Departament d'Intel·ligència Artificial del Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB). L'IIIA pertany al CSIC, que és una "entitat agregada" del Campus d'Excel·lència Internacional (UAB-CEI) i compta amb prop de 50 investigadors i enginyers. En l'apèndix II es descriu amb més detall aquest centre.

El Centre de Visió per Computador (CVC) és un centre fundat al 1995 per la Generalitat de Catalunya i la Universitat Autònoma de Barcelona i centrat en la investigació en el camp de la visió per computador, referent en la creació de coneixement en aquest àmbit, amb més de 130 investigadors, avançats recursos de maquinari i programari en visió per computador i amb més de 2.000 m² destinats a la I+D d'excel·lència. En l'apèndix II es descriu amb més detall aquest centre.

Tanmateix, la UAB té un departament de Ciències de la Computació que és el que té l'encàrrec docent de les matèries d'intel·ligència artificial (informàtica, enginyeria de dades, matemàtica computacional), i lidera el màster interuniversitari de Visió per Computador.

- **Universitat Pompeu Fabra (UPF)**

Hi ha nombrosos grups de recerca del Departament de Tecnologies de la Informació i la Comunicació de la Universitat Pompeu Fabra, incloent-hi el grup d'intel·ligència artificial i aprenentatge automàtic, COLT, WSSC, etc.

La recerca en grup abasta diversos àmbits, incloent-hi:

- Planificació automatitzada: és l'enfocament basat en el model de comportament intel·ligent, en què el comportament no està programat o après, sinó que es deriva efectivament d'un model dels objectius de l'agent, i de la manera com actuen les accions i els sensors al món.

⁶² <https://www.iiia.csic.es/ca/presentation>

⁶³ <http://www.cvc.uab.es/?lang=ca>

- **Llenguatge natural:** dos grups (TRL-IULATERM i COLT) fan recerca en processament del llenguatge natural al Departament de Traducció i Ciències del Llenguatge de la UPF. TRL-IULATERM, Tecnologies dels Recursos Lingüístics - IULATERM, s'ha especialitzat en l'anotació i classificació de textos per a l'extracció de dades lingüístiques i desenvolupa tecnologia basada en aprenentatge automàtic per la construcció de recursos lingüístics: els conjunts de dades lingüístiques necessàries per a fer aplicacions per a cada llengua. També es dedica a la producció i publicació oberta de recursos lingüístics per al català, l'anglès i el castellà, entre d'altres, en diferents dominis d'aplicació: salut, jurídic, etc. COLT, Computational Linguistics and Linguistic Theory, desenvolupa mètodes per induir representacions del significat a partir de dades de com la gent usa el llenguatge, també amb tecnologies d'aprenentatge automàtic per modelar el llenguatge. El seu projecte AMORE: A distributional model of reference to entities (ERC Starting Grant 715154) estudia modelar el fenomen de la referència lingüística i com millorar la inducció de relacions entre conceptes i context extralingüístic en la comprensió del diàleg.
- **Aprenentatge interactiu de màquines:** és una branca de l'aprenentatge de la màquina relacionada amb problemes de presa de decisions seqüencials, on l'objectiu és dissenyar algoritmes que optimitzin el rendiment durant el mateix procediment d'aprenentatge, mentre s'enfronten a un entorn desconegut i potencialment no estacionari.
- **Teoria de l'aprenentatge:** és la ciència de l'anàlisi de problemes i algorismes d'aprenentatge de màquines, amb l'objectiu de caracteritzar la duresa de diversos escenaris d'aprenentatge i construir algoritmes amb garanties de rendiment demostrables.
- **Models gràfics probabilístics:** són representacions basades en gràfics per codificar de forma compacta les distribucions de probabilitat en espais d'alta dimensió. El nostre enfocament és sobre com respondre de manera eficient a les consultes (inferència) i com aprendre l'estructura del gràfic a partir de dades (aprenentatge).
- **Robòtica autònoma:** inclou el desenvolupament d'arquitectures de programari completes, així com la creació de metodologies i eines bàsiques per a noves funcions avançades. Combinem el comportament reactiu i la planificació del moviment amb la planificació de tasques i utilitzem mecanismes de raonament per crear sistemes de robòtica per a desafiaments com RoboCup.
- **Problemes de satisfacció de restricció (CSP):** aquests problemes consisteixen en un conjunt de variables, un domini de valors que les variables i un conjunt de restriccions que especifiquen les restriccions dels valors que es poden prendre simultàniament per les variables. La tasca aquí és decidir si existeix una assignació de variables a valors que satisfacin totes les restriccions.

- El grup de recerca WSSC (Web Science & Social Computing) usa aprenentatge de màquina, dades massives i ciència de dades a problemes de la web i socials.

- **Universitat de Barcelona (UB)**

La Universitat de Barcelona identifica la intel·ligència artificial (IA) com un camp estratègic transversal. És per aquesta raó que es crea una estructura transversal multi-disciplinària de promoció de la recerca, la docència, la divulgació i la transferència en analítica avançada, aprenentatge automàtic, ciència de dades i intel·ligència artificial que permeti enfortir les sinergies entre totes les àrees de coneixement que li són pròpies.

La recerca sobre intel·ligència artificial a la Universitat de Barcelona estudia les seves múltiples facetes, des de la seva vessant computacional a les seves implicacions ètiques, jurídiques i socials, així com els seus fonaments neurològics. A continuació es detallen les principals iniciatives en aquests camps.

- **Perspectiva algorísmica i computacional:** la UB compta amb dos grups específics d'estudi matemàtic, algorísmic i computacional de la intel·ligència artificial, que són: el grup Computer Vision and Machine Learning Group at UB, centrat en els fonaments de l'aprenentatge automàtic i l'aprenentatge profund i la seva aplicació a la visió per computador, i el grup Virtual Worlds, Visualization and Artificial Intelligence, centrat en els mons virtuals, la interacció persona-màquina, i els sistemes multiagents. Els membres dels anteriors grups formen part de l'Institut de Matemàtica de la UB (IMUB) i de l'Institut de Sistemes Complexos de la UB (UBICS), en què, addicionalment, s'estudien els aspectes teòrics que permeten comportaments emergents en xarxes a través de les seves interaccions, així com l'analítica en grans xarxes i sistemes dinàmics.
- **Perspectiva jurídica i ètica:** la perspectiva jurídica s'estudia dins del grup de recerca de Dret, Intel·ligència i Robòtica (DIAR) i en l'Institut de Recerca Transjus dins de la seva línia de recerca intel·ligència artificial, dades massives i protecció de dades. En aquests grups es tracten temes d'alt impacte social com ara la regulació de les armes intel·ligents o l'impacte social de l'automatització dels processos en àmbits laborals. En la vessant ètica, el grup de recerca en Filosofia Contemporània, Ètica i Política (Aporia) estudia les implicacions ètiques de la biotecnologia i la intel·ligència artificial. Recollint aquestes dues perspectives també trobem l'Observatori de Bioètica i Dret de la UB, especialitzat en l'ús de les dades, dades massives, protecció de dades, dades altament protegides i sensibles, així com les implicacions de les noves tecnologies basades en dades i la intel·ligència artificial.
- **Perspectiva filològica i lingüística:** el Centre de Llenguatge i Computació de la Universitat de Barcelona desenvolupa recursos de tecnologia de la llengua, entre els quals es troben els models de llenguatge computacionals i el processament del llenguatge natural.
- **Perspectiva neurobiològica:** l'Institut de Neurociències de la Universitat de Barcelona, juntament amb els grups de recerca Vision and Control of Action, BrainLab, Unitat de Cognició i Plasticitat Cerebral, Grup de Neuro-Psicologia, grup de Recerca en Atenció,

Percepció i Adquisició del Llenguatge i l'Event-Lab aglutinen investigadors de diverses disciplines, des de psicòlegs, neurobiòlegs o enginyers, que cerquen descobrir els mecanismes cerebrals de les funcions cognitives, com ara la percepció, l'atenció, l'acció, l'aprenentatge del llenguatge, així com la seva traducció en models computacionals per a l'estudi del cervell i la seva activitat.

Adicionalment, la intel·ligència artificial, l'aprenentatge automàtic i l'analítica avançada de dades tenen una presència **instrumental** en molts àmbits d'estudi i recerca, en què s'empren abastament i són motiu d'estudi i adaptació als diversos dominis. A continuació es mostra una breu referència a algunes de les iniciatives que empren aquestes tècniques, segons l'àmbit en el qual s'emmarquen.

En l'**àmbit econòmic**, hi ha els grups d'Anàlisi Quantitativa Regional, que empren eines d'aprenentatge automàtic per a l'estudi de models econòmics, d'estacionalitat i previsió econòmica; el Grup de Modelització Financera i Actuarial, focalitzat en lògica difusa i matemàtica empresarial, que s'utilitza per a la modelització en reassegurances, solvència i seguretat social, i el Grup de Risc en Finances i Assegurances, que desenvolupa models d'aprenentatge automàtic, modelització i analítica avançada per a la detecció i control del risc financer i la detecció de frau.

En l'**àmbit de la física**, l'ús i l'adaptació de les tècniques i mètodes propis de l'aprenentatge automàtic és àmpliament difós. Alguns dels grups i instituts que fan servir aquestes tècniques són: l'Institut de Ciències del Cosmos (ICCUB), amb projectes tan importants com la missió Gaia, que es fa servir per crear un mapa de la Via Làctia emprant l'anàlisi intel·ligent de les dades de telemetria i processament fotomètric. Altres grups que focalitzen esforços en analítica avançada són el Grup de Física Experimental d'Altes Energies, especialitzat en l'estudi de física del sabor (identificació dels quarks) i el Grup de Meteorologia, que, entre d'altres, utilitza tecnologia predictiva per a xarxes meteorològiques, precipitació convectiva o modelització de la irradiància solar.

En l'**àmbit de la química**, l'Institut de Química Teòrica i Computacional concentra els grups que utilitzen eines computacionals i predictives per intentar resoldre els problemes que la química tradicional no pot respondre experimentalment.

En l'**àmbit de la biologia**, el Grup de Recerca en Ecofisiologia dels Conreus Mediterranis, fa ús d'analítica avançada per a l'estudi del sòl i dels conreus fent servir imatge satèl·lit i UAV. El Grup de Recerca en Biologia de Sistemes Integrativa i Metabolòmica proporciona serveis que permeten la computació i l'anàlisi per millorar la comprensió de les causes i els mecanismes de la salut, l'envelliment saludable i les malalties.

Recollint diverses línies de recerca dels anteriors àmbits, l'Institut de Recerca de l'Aigua aglutina els esforços de diversos grups multidisciplinaris en els quals s'empren sistemes i algorismes per comptatge automàtic de plantes i òrgans de conreus, quantificació remota d'efectes de plagues i malalties, identificació automàtica de malalties o suport per a presa de decisió de conreus.

Institut de recerca en Geomodels s'especialitza en el desenvolupament de tècniques de modelatge per caracteritzar i entendre correctament els sistemes i processos que determinen la formació, localització i qualitat de recursos i reservoris **geològics**.

El Grup de Recerca en Biologia Computacional i Disseny de **Fàrmacs** aplica metodologies d'aprenentatge automàtic, planificació i cerca per al descobriment de medicaments predint interaccions d'alta afinitat en estructures macromoleculares. Sota aquest paraigua també es troben les iniciatives que emprenen eines d'aprenentatge automàtic i l'anàlisi de dades en **alimentació i gastronomia** computacional.

L'equip de recerca **arqueològica** i arqueomètrica treballa amb aquestes tècniques per a l'anàlisi d'imatges per a la localització de jaciments, i el Centre per l'Estudi de la Interdependència Provincial en l'Antiguitat Clàssica fa servir la inferència automàtica i les xarxes complexes per a la reconstrucció de les rutes plausibles de comerç a l'antiga Roma.

En l'àmbit de la docència, la Universitat de Barcelona ofereix diversos programes específics fortament relacionats amb la intel·ligència artificial i l'aprenentatge automàtic, com per exemple, el Màster Interuniversitari en Intel·ligència Artificial, Màster en Fonament de Ciència de Dades, Màster en Estadística i Investigació Operativa o el Màster en Enginyeria Biomèdica, entre d'altres. Addicionalment, l'aprenentatge automàtic té una presència rellevant en quinze màsters de la universitat. Referent a ensenyaments de grau, la intel·ligència artificial, l'aprenentatge automàtic i l'anàlisi avançada de dades està present en catorze ensenyaments de grau. La Universitat de Barcelona ofereix dos programes de doctorat directament relacionats amb el desenvolupament fonamental de diverses àrees de la intel·ligència artificial: el programa de doctorat en Matemàtiques i Informàtica i el programa de doctorat en Enginyeria i Ciències Aplicades.

- **Universitat Ramon Llull (URL)**

La Universitat Ramon Llull concentra la recerca i els estudis en intel·ligència artificial a la seva escola d'enginyeria La Salle, on des del Grup de recerca en Electrònica, Telecomunicacions i Anàlisi de Dades (GR-SETAD) i el Grup de Recerca en Sistemes Intel·ligents (GRSI) (1998-2014) desenvolupen la recerca en intel·ligència artificial, la ciència de les dades, l'aprenentatge automàtic, la mineria de dades, l'anàlisi de dades, els sistemes basats en el coneixement, especialment aplicat a la medicina i a l'educació.

En aquest context se situa el Grup de Recerca Data Science for the Digital Society (DS4DS), creat el 2017, amb la voluntat de configurar un espai comú i transversal dels diferents àmbits de coneixement recollint el testimoni de grups de recerca anteriors amb una llarga trajectòria en intel·ligència artificial i ciència de les dades. Els seus eixos principals són:

- Intel·ligència artificial, aprenentatge automàtic i aplicacions a l'anàlisi de dades. El grup busca una visió transversal dels problemes relacionats amb l'ús de dades que utilitzen la intel·ligència artificial, l'aprenentatge artificial i les tècniques estadístiques, i que busquen els seus possibles efectes i actius aplicats en diferents dominis.

- Anàlisi de dades per a la física d'altres energies. Un camp d'aplicació singular es troba en el marc del Big Science, a través de la col·laboració de LHCb, un dels quatre detectors principals del LHC al CERN, que aporta i desenvolupa nous mètodes per a l'anàlisi de dades. Domini: HEP (física d'altres energies).
- Anàlisi de dades per a la gestió empresarial. Es busca una visió transversal dels problemes relacionats amb l'ús de les dades, en particular, en temes com la vida intel·ligent i el negoci intel·ligent i la universitat intel·ligent. [reviseu la redacció]

Per altra banda, en el marc de la Universitat Ramon Llull hi ha diferents grups de recerca que apliquen tècniques d'intel·ligència artificial en els seus àmbits de coneixement.

El grup de recerca Judgements and Decisions in the Marketplace (JUICE) és un grup de recerca consolidat en les àrees de la presa de decisions en màrqueting i la intel·ligència artificial. JUICE té com a objectiu interpretar les decisions dels consumidors, clients i empreses i utilitzar la intel·ligència artificial per capturar la complexitat d'aquestes decisions i les seves interaccions. En el grup hi participen dotze investigadors de l'escola de negocis ESADE i actualment hi ha cinc doctorands i dos pos-doctorands. El grup de recerca JUICE està adscrit a l'Institut d'ESADE Institute for Data-Driven Decisions (ESADEd3).

- **Universitat de Girona (UdG)**

La Universitat de Girona té diferents grups de recerca involucrats en intel·ligència artificial, en destaquen els següents:

eXiT és un grup de recerca de l'Institut d'Informàtica i Aplicacions de la Universitat de Girona que participa en projectes nacionals i internacionals de recerca i transferència. La seva activitat principal se centra en l'aplicació dels principis de la intel·ligència artificial i l'aprenentatge automàtic per donar suport als processos de presa de decisió. Aquesta recerca es porta a terme principalment en dos àmbits d'aplicació: salut i ciutats intel·ligents. Els membres del grup participen en les activitats acadèmiques del Programa interuniversitari de doctorat en bioinformàtica.

VICOROB és el Grup de Recerca en Visió per Computador i Robòtica de la Universitat de Girona. Fundat l'any 1993, el grup és avui reconegut com a grup de recerca consolidat per la Generalitat de Catalunya i compta també amb l'etiqueta de qualitat en transferència de tecnologia TECNIO des de l'any 2008. VICOROB vol ser un grup de recerca de referència a nivell nacional i internacional en el camp de la robòtica, els sistemes intel·ligents i la percepció, fent èmfasi en les línies de recerca pròpies del grup. L'equip integrant del grup es vertebra en quatre laboratoris de recerca i es complementa amb un equip de staff tècnic i administratiu propi. Els tres laboratoris integrants són:

- Anàlisi de la Imatge i Reconeixement de Patrons i Percepció 3D
- Visió i Robòtica Submarina

- UdiGitalEdu: TIC i educació

ARLAB és el grup de recerca en intel·ligència artificial aplicada als sistemes recomanadors i robòtica de la Universitat de Girona. ARLAB forma part del grup de recerca consolidat Comunicacions i Sistemes Intel·ligents, el responsable del qual pertany a l'IliA. ARLAB va ser fundat l'any 2002 i també compta amb l'etiqueta de qualitat en transferència de tecnologia TECNIO des de l'any 2004. Dins TECNIO, ARLAB és conegut com a EASY. El centre és molt actiu pel que fa a la recerca bàsica i en recerca orientada a la indústria i transferència de tecnologia. Les línies de recerca que es treballen són:

- Robòtica de rescat
- Preservació digital
- Monedes virtuals
- Anàlisi de dades de les xarxes socials

El Laboratori d'Enginyeria Química i Ambiental (LEQUIA) és un grup de recerca de la Universitat de Girona, reconegut com a centre TECNIO i grup de recerca consolidat de la Generalitat de Catalunya. Desenvolupa solucions ecoinnovadores en l'àmbit de l'aigua, en el marc de projectes R+D+I nacionals i europeus, en col·laboració amb altres agents acadèmics i amb contractes de transferència amb empreses privades i institucions públiques del sector. En aquest entorn, des de fa més de 25 anys col·labora amb el grup KEMLG de la UPC en l'àmbit de l'aplicació d'eines d'intel·ligència artificial a la gestió de l'aigua. Aquesta col·laboració, considerada pionera a Europa, ha estat centrada fonamentalment en el disseny i l'operació de les estacions depuradores d'aigües residuals on s'han desenvolupat sistemes d'ajut a la decisió (EDSS), integrant sistemes de control avançats, models matemàtics i tècniques de la intel·ligència artificial, i que han donat lloc a un nombre significatiu de publicacions en revistes especialitzades, convenis i fins i tot la creació conjunta de l'empresa Sisltech S.L. Més recentment, aquesta experiència s'està estenent a l'àmbit de les aigües potables i a la definició i construcció d'ontologies per a la gestió integral del cicle de l'aigua, mitjançant eines d'aprenentatge automàtic.

- **Universitat de Lleida (UdL)**

La Universitat de Lleida disposa de diferents departaments que realitzen recerca en el camp de la intel·ligència artificial. En destaca el GREIA, que es va constituir l'any 1999 com a grup multidisciplinari. El grup es dedica a proposar a la indústria solucions d'enginyeria concurrent relacionades amb els àmbits de l'enginyeria energètica i de la construcció mitjançant la recerca, la transferència tecnològica i la formació. Les principals línies de recerca són l'energia energètica i l'enginyeria de la construcció.

El Grup d'Investigació en Intel·ligència Artificial de la Universitat de Lleida està format per membres del Departament de Ciències de la Computació. La investigació actual del grup se centra en les àrees següents.

- Argumentació: formalitzacions lògiques, aplicacions tecnològiques i integració amb llenguatges de programació de lògica difusa.
 - Programació de restriccions: modelatge, complexitat pràctica, CSP distribuït, CSP ponderat i connexions amb satisfacció.
 - Programació de lògica difusa: integració de llenguatges de programació lògics i lògica difusa, i formalismes per al tractament de la incertesa, com ara la lògica possibilista.
 - Satisfiabilitat: disseny, anàlisi, implementació i avaluació d'algorismes per resoldre SAT, Max-SAT i QBF tant per a fórmules CNF booleans com per a molts valors, codificacions eficients, càlculs lògics, problemes traçables, transicions de fase, cerca local i aprenentatge. Un enfocament argumentatiu per descobrir opinions rellevants a Twitter amb relacions de valor probabilístic.
- **Universitat Rovira i Virgili (URV)**

La Universitat Rovira i Virgili disposa, a Tarragona, d'un equip de recerca des del 1998 focalitzat en àrees de l'aprenentatge automàtic i la representació del coneixement. El grup treballa en les àrees d'aprenentatge automàtic i representació del coneixement aplicats a la medicina. Les principals tecnologies d'interès són l'anàlisi intel·ligent de les dades, l'aprenentatge automàtic, la representació del coneixement mèdic per a la presa de decisions clíniques, la informàtica mèdica i el coneixement procedimental (*know-how*) en medicina.

Actualment, des de una perspectiva mèdica, treballen en la integració de coneixement per al tractament de pacients multimòrbids, la determinació del temps per a l'alta de pacients en unitats de cures intensives, l'anàlisi de dades per a la predicció de la supervivència en el càncer de pit, i l'estudi de millores per al tractament del síndrome de dificultat respiratòria aguda.

Amb aquesta finalitat, col·labora amb la UCI de l'Hospital Universitari Joan XXIII (Tarragona), el Departament d'Urgències de l'Hospital Clínic de Barcelona i l'Hospital Sant Joan de Reus. El Grup de Recerca en Intel·ligència Artificial de la Universitat Rovira i Virgili de Tarragona realitza una important tasca divulgadora: en destaquen l'organització del International Workshop on Knowledge Representation for Health Care (amb una freqüència anual, durant els darrers 10 anys), l'edició anual d'un volum Springer LNAI sobre la representació del coneixement per a la salut, la coordinació de projectes de recerca i l'organització de seminaris en criteris tecnològics d'eficiència i sostenibilitat. Actualment, organitzen el International Conference on Artificial Intelligence in Medicine (AIME 2019).

El grup ITAKA (Intelligent Technologies for Advanced Knowledge Acquisition) de la Universitat Rovira i Virgili és un grup de recerca reconegut com a consolidat per la Generalitat de Catalunya. Les seves línies de recerca poden classificar-se en 3 grans àrees: gestió semàntica del coneixement, sistemes de suport a la presa de decisions i visió artificial.

En el primer àmbit han treballat en l'aprenentatge automàtic d'ontologies, la cerca semàntica, i l'extracció i la representació del coneixement de fonts estructurades, semiestructurades i textuals. Actualment, han focalitzat la seva recerca en aquest camp en l'anàlisi semàntica d'informació

textual, incloent-hi l'anàlisi de sentiments. Els resultats d'aquesta recerca s'estan aplicant en l'àmbit de la comunicació per la promoció de marques de destinacions turístiques (analitzant la transmissió i la recepció de valors emocionals a les xarxes socials).

En referència als sistemes de suport a la presa de decisions, el grup ITAKA ha treballat en l'anàlisi intel·ligent de dades (incloent-hi especialment mètodes de classificació i d'aprenentatge automàtic), l'aprenentatge i la gestió dinàmica de les preferències dels usuaris, el desenvolupament de nous operadors d'agregació d'informació, la millora dels mètodes de presa de decisions multicriteri basats en relacions de preferències i els sistemes recomanadors. En aquest últim camp han desenvolupat sistemes de recomanació d'activitats turístiques a l'àrea de Tarragona juntament amb el Parc Científic i Tecnològic de Turisme i Oci. S'han aplicat tècniques d'anàlisi intel·ligent de dades per construir, en col·laboració amb l'Institut d'Investigació Sanitària Pere Virgili, un sistema que pot predir de manera personalitzada el risc que té un pacient diabètic de contraure retinopatia diabètica. Aquest sistema, guardonat amb el premi a l'Impacte Social de la Recerca de la URV, ajudarà a fer un cribratge adequat d'aquests pacients i a fer un millor ús dels recursos disponibles.

En el camp de la visió per computador s'estan desenvolupant sistemes que ajudin a detectar tumors en diferents tipus d'imatges mèdiques, especialment en mamografies. S'estan aplicant tant tècniques clàssiques de visió per computador com nous mètodes basats en xarxes convolucionals profundes. Aquesta mena de xarxes també s'estan aplicant a l'anàlisi de retinografies, de forma que es pugui construir un sistema integral de gestió de pacients diabètics que utilitzi tant les dades personals i clíniques com el resultat de l'anàlisi de la imatge del fons de l'ull.

Apèndix II. Centres de recerca i innovació que treballen amb intel·ligència artificial

L'apartat 3.1.2 Centres de recerca i innovació s'identifiquen els centres de recerca i tecnològics de l'ecosistema de coneixement de Catalunya que treballen amb intel·ligència artificial. A continuació presentem una informació més detallada relativa a l'activitat de cada un d'aquestes centres en el desenvolupament de la intel·ligència artificial.

- Institut d'Investigació en Intel·ligència Artificial (IIIA-CSIC)

L'Institut d'Investigació en Intel·ligència Artificial (membre de TECNIO), fundat l'any 1994 per un grup d'investigadors provinents del Departament d'Intel·ligència Artificial del Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB), és un centre de recerca capdavanter a Europa en l'àmbit de la intel·ligència artificial. Ha format un centenar de doctors en aquest camp, alguns dels quals actualment són professors a pràcticament totes les universitats catalanes. És, per tant, l'element que està a l'origen de l'ecosistema català d'intel·ligència artificial. El departament de d'intel·ligència artificial del CEAB investigava en aquest camp des de 1985.

La recerca a l'IIIA es focalitza en diverses subàrees ben definides dins de l'àmbit de la intel·ligència artificial (sistemes d'aprenentatge automàtic, sistemes multiagent i raonament i lògica), evita la dispersió temàtica, manté un equilibri entre la recerca bàsica i l'aplicada, i dedica significatius esforços a la formació de doctors i a la transferència de tecnologia. La Unitat de Desenvolupament Tecnològic dona suport a les seves activitats de recerca i permet incrementar la seva capacitat de transferència tecnològica canalitzant els contactes amb empreses. En particular, manté forts lligams amb les tres empreses derivades (*spin-off*) iSOCO, STRANDS i CogniCOR que ha creat. L'IIIA pertany al CSIC, que és una "entitat agregada" al UAB-CEI. L'IIIA juga un rol important en diversos màsters i doctorats de les universitats catalanes.

Les principals àrees estratègiques de recerca del IIIA són:

- Sistemes d'aprenentatge automàtic. Les activitats en aquesta línia de recerca es focalitzen en els següents temes: Sistemes computacionals d'aprenentatge a partir de dades i a partir de l'experiència, l'aprenentatge per analogia i basat en casos, l'aprenentatge probabilístic, l'aprenentatge per reforç i aplicacions a la robòtica humanoide i a la creativitat computacional
-
- Sistemes multiagent. Les activitats en aquesta línia de recerca es focalitzen en models i plataformes computacionals, com per exemple institucions electròniques, per a l'interacció intel·ligent entre agents autònoms, màquines i humans amb la finalitat de resoldre problemes complexos de forma col·laborativa. Això inclou adreçar problemes com ara modelar processos de negociació automàtica, alineament semàntic, simulació social y desenvolupar algoritmes d'optimització

- Raonament i lògica. Les activitats en aquesta línia de recerca es centren en recerca bàsica en models computacionals i mètodes pel raonament automàtic i la resolució de problemes representables mitjançant la lògica matemàtica i les seves extensions amb lògiques no clàssiques. També es treballa en la formulació i resolució de problemes mitjançant: satisfacció de restriccions, tècniques SAT i MaxSAT, metaheurístiques i “swarm intelligence”.

- **Centre de Visió per Computador (CVC)**

El Centre de Visió per Computador (membre de CERCA i TECNIO) és un centre de recerca sense finalitat de lucre i amb estatus legal propi, fundat el 1995 per la Generalitat de Catalunya i la Universitat Autònoma de Barcelona. La seva missió és dur a terme recerca capdavantera en el camp de la visió per computador per aconseguir un impacte internacional al més alt possible, promovent la transferència de coneixement i tecnologia a la indústria i a la societat. El CVC s'esforça per preparar i formar investigadors al més alt nivell europeu. S'ha posicionat com a especialista en el camp de la visió per computador i és considerat un referent en la creació de coneixement per a la societat. El CVC du a terme recerca d'avantguarda en els àmbits següents: anàlisi d'imatges mèdiques, reconeixement visual d'objectes, anàlisi de documents, interpretació d'imatges, color i textura, visió embarcada, percepció visual, visió industrial, indexació i recuperació multimèdia, interpretació d'imatges de videovigilància, visualització interactiva en 3D i realitat augmentada. El Centre ofereix serveis de consultoria tècnica altament especialitzada, formació i transferència de persones altament qualificades cap a la indústria i transferència de tecnologia mitjançant la realització de desenvolupaments a mida per a empreses. Aquesta conjunció de talent i esforç té com a resultat algorismes capdavanters en visió per computador reconeguts per la comunitat científica. A més, l'esperit emprenedor dels nostres investigadors promou la innovació i dona valor afegit al coneixement generat i transfereix solucions reals per a la societat en general. Com a resultat del màster en visió per computador i intel·ligència artificial reconegut internacionalment, el CVC forma estudiants joves i brillants que es convertiran en els futurs líders en la recerca i el desenvolupament de la visió per computador.

El CVC ha transferit coneixement en l'àmbit de la visió per computador en diversos sectors, com el mèdic i el farmacèutic (a empreses internacionals com Given Imaging LTD i Boston Scientific, en els àmbits de la colonoscòpia mínimament invasiva i la cardiologia), el de l'automoció (a SEAT, Volkswagen, Ficosa, mitjançant sistemes ADAS), el sector industrial (a Lear Corp., Berger Group, Continental, B/Braun, mitjançant sistemes avançats d'inspecció industrial), entre d'altres, i ha obtingut en molts dels casos patents conjuntes entre investigadors del centre i de les empreses, així com tesis doctorals i llançament de productes punters a mercat.

- **Barcelona Supercomputing Center (BSC)**

El Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS) és un consorci format pel Departament d'Empresa i Coneixement de la Generalitat de Catalunya, la UPC i el Ministeri de Ciència, Innovació i Universitats i un dels grans centres de recerca a Catalunya amb més de 500 investigadors repartits en quatre departaments que són: Ciències Computacionals, Ciències de la Vida, Ciències de la Terra i Aplicacions Computacionals en Ciència i Enginyeria. Com

a mesura de les capacitats per atraure fons públics competitiu, cal fer esment que el BSC té 105 projectes H2020 en marxa –39 es van iniciar el 2018– i 11 són coordinats al centre. Globalment, el BSC-CNS és la institució catalana (incloent-hi també universitats i empreses) que rep més fons europeus dins del programa marc de recerca Horitzó 2020. Addicionalment, la intel·ligència artificial és àmpliament utilitzada per molts altres grups, en especial en els àmbits de l'enginyeria i les ciències de la vida.

L'any 2018 es va prendre la decisió estratègica d'organitzar la recerca en intel·ligència artificial que es feia, de forma dispersa, al BCS. Es va crear un grup d'Intel·ligència Artificial d'Alt Rendiment (HPAI), dins el Departament de Ciències de la Computació, amb l'objectiu de donar suport a grups d'altres departaments per utilitzar la intel·ligència artificial en la seva investigació. Avui tenim 50 investigadors a BSC que fan investigació de l'àrea o fan servir de manera quotidiana eines pròpies de la intel·ligència artificial. Hi ha quatre projectes H2020 en què el BSC participa realitzant la part d'intel·ligència artificial.

Els grups que fan recerca en intel·ligència artificial al centre són: el grup d'Intel·ligència Artificial d'Alt Rendiment (HPAI), que se centra en la investigació i l'aplicació de tècniques d'intel·ligència artificial utilitzant eines i infraestructures HPC, i el grup Tecnologies Emergents per a la Intel·ligència Artificial (TEAI) fa investigacions bàsiques en una àmplia gamma d'àrees d'intel·ligència artificial com són l'aprenentatge profund (DL) i l'aprenentatge de reforç, sempre utilitzant plataformes de supercomputació.

Forma part dels 30 Digital Innovation Hubs, centrats en intel·ligència artificial, definits per la UE, que rebran finançament i orientació en assessorament i gestió empresarial, per desenvolupar els seus projectes i transmetre el seu coneixement i sortides (*outputs*) a les pimes del país.

- **Eurecat, Centre Tecnològic de Catalunya**

Eurecat, Centre Tecnològic de Catalunya (membre de la xarxa TECNIO) té com a missió impulsar la recerca aplicada propera a solucions de base tecnològica que puguin transferir-se al teixit empresarial, com també millorar productes, processos o serveis ja existents. Amb més de 600 professionals i una xifra de negoci a l'entorn de 50 M€ anuals, treballa amb més de 1.000 empreses mitjançant l'R+D aplicada, serveis tecnològics diversos, formació d'alta especialització, consultoria tecnològica i esdeveniments de disseminació per a professionals en diversos sectors. Amb establiments operatius distribuïts en el territori català, participa, en l'actualitat, en 160 grans projectes consorciats d'R+D+I nacionals i internacionals i compta amb 73 patents i 7 empreses derivades (*spin-off*) (dades de 2018).

Disposa d'un equip multidisciplinari format per científics i tecnòlegs desplegat en tres grans àrees: tecnologies industrials, biotecnologia i tecnologies digitals. Dins de les especialitzacions digitals, l'analítica de dades i la intel·ligència artificial juguen un paper central, per la seva transversalitat multisectorial i per la capacitat de combinar els coneixements estrictament digitals amb el coneixement de diversos dominis d'aplicació. Així, l'Eurecat està desenvolupant projectes

aplicats a sectors com la indústria de manufactura, el turisme, la salut, la mobilitat, la seguretat o les ciències socials, entre d'altres, en els quals es despleguen diferents tecnologies intel·ligència artificial, aprenentatge automàtic, *deep learning*, *reinforcement learning*, visió artificial, NLP, etc.). En la seva definició tecnològica, l'Eurecat ha identificat diverses línies estratègiques en les quals la intel·ligència artificial i l'analítica de dades juguen un paper central, en concret, en intel·ligència artificial per a aplicacions industrials, robòtica avançada, dispositius mèdics i nutrició personalitzada.

Des de 2015, l'Eurecat gestiona el Centre d'Excel·lència en Big Data de Barcelona (CoE Big Data), una iniciativa pionera en el moment de la seva creació, impulsada també des de la Generalitat de Catalunya i l'Ajuntament de Barcelona, i que té per missió desenvolupar coneixement aplicat en l'àmbit de l'analítica de dades i, sobretot, impulsar l'economia de les dades en el sector empresarial del país. El CoE Big Data disposa del segell i-Space atorgat per la Big Data Value Association (en total 10 i-Spaces a nivell europeu) i compta amb una infraestructura pròpia de còmput usada per fer la recerca en aquest àmbit (DATURA, IaaS per servei d'analítica de dades amb 4TB RAM, 64TB memòria i que implementa un Openstack Red Hat). Per al 2019 està prevista una inversió que ampliarà aquesta plataforma per al desenvolupament de projectes d'intel·ligència artificial.

- Fundació i2CAT

La Fundació i2CAT (membre de CERCA i TECNIO) és una institució de recerca aplicada en l'àmbit d'internet i de les tecnologies digitals avançades. Avalada per tretze anys d'experiència en múltiples projectes d'R+D+i a escala nacional i internacional, lidera línies d'investigació en arquitectures de xarxes fixes i mòbils, xarxes de sensors sense fils, dades massives i tecnologies multimèdia basades en contingut. L'objectiu de la recerca realitzada a i2CAT és desenvolupar nous productes, serveis i aplicacions en els camps de la eHealth, Smart Cities & Smart Regions, Advanced Manufacturing i la Innovació Social Digital. La Generalitat de Catalunya, a través del lideratge de la Secretaria de Polítiques Digitals, té una participació directa i majoritària en la Fundació. Els àmbits d'acció són: R+D internacional, projectes estratègics de país i transferència i serveis a empreses.

Amb més de 10 anys d'experiència en la definició i execució de projectes d'R+D, en col·laboració amb socis europeus i internacionals, han generat un coneixement que i2CAT porta al teixit empresarial del país i als ciutadans.

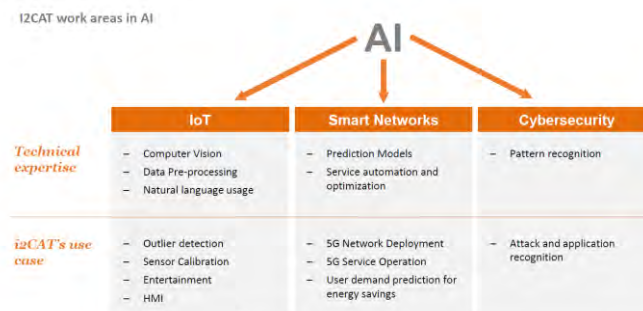


Figura 18. Àrees d'actuació de i2cat en intel·ligència artificial.

Font: i2cat.

- **CIMNE**

L'objectiu de CIMNE (membre de CERCA i de TECNIO) és el desenvolupament de mètodes numèrics i tècniques computacionals per avançar en el coneixement i la tecnologia en enginyeria i ciències aplicades. La seu central de CIMNE està ubicada al Campus Nord de la UPC a Barcelona. Les activitats de recerca i desenvolupament tecnològic de CIMNE comprenen un ampli espectre de temes que van des dels camps clàssics de l'enginyeria civil, mecànica, ambiental, naval, marina, telecomunicacions, biomedicina, informàtica i ciències aplicades, passant per la física computacional, el medi ambient, les ciències socials i econòmiques i el sector multimèdia i que arriben a temes relacionats amb la intel·ligència artificial i l'aprenentatge automàtic (*machine learning*), aplicat a sistemes de suport a la presa de decisions.

- **CIT UPC**

El CIT UPC (membre de CERCA i de TECNIO) és el Centre d'Investigació i Innovació tecnològica de la UPC. Es va constituir a partir de 20 centres de recerca i investigació. Té per objectiu millorar la competitivitat de les empreses mitjançant la transferència de coneixement tecnològic i la seva valorització. Integren el CIT UPC, entre d'altres: el MCIA especialitzat en sistemes mecatrònics i energètics; el CREB especialitzat en la recerca biomèdica, i el DAMA, especialitzat en el processament de grans volums de dades.

- **DATASCIENCE@UB**

El DATASCIENCE@UB (membre de TECNIO) és un centre de recerca i transmissió de coneixement en el camp de les tecnologies de les dades massives i l'anàlisi avançat de dades. L'integren dos grups de la UB que pertanyen a les facultats de Matemàtiques i Informàtica i de Física: el Grup de Recerca en Visió Computacional i Aprenentatge Automàtic de la UB, que se centra en la recerca en els fonaments dels algorismes de l'aprenentatge automàtic i les seves aplicacions en l'anàlisi predictiu en els àmbits de la salut, les finances i el màrqueting, i el Complexity Lab Barcelona (ClabB), especialitzat en l'estudi de sistemes complexos utilitzant les idees de la física estadística i les xarxes complexes.

- **Easy**

El Centre Easy (membre de TECNIO) porta més de 15 anys treballant en recerca bàsica en l'àmbit de la intel·ligència artificial combinada amb la transferència tecnològica en molts projectes de recerca aplicada. Està especialitzat en intel·ligència artificial i Machcrowd, en tecnologies digitals intel·ligents i en la seva transferència a la indústria. Quant a la Intel·ligència artificial i Machcrowd: la investigació en recerca social consisteix en l'automatització d'alguns aspectes de la interacció dels usuaris amb l'objectiu de millorar i accelerar els resultats. Pel que fa a les tecnologies digitals intel·ligents, el centre és expert en monedes virtuals i en preservació digital. Centre Easy ofereix l'únic màster oficial en *smart cities* a Europa.

- **L'Institut Català de Recerca de l'Aigua (ICRA)**

L'Institut Català de Recerca de l'Aigua (ICRA) va ser creat el 26 d'octubre de 2006 pel govern de la Generalitat de Catalunya en el marc del programa CERCA. La recerca que es fa a l'ICRA està relacionada amb tots els aspectes relacionats amb l'aigua, en especial aquells que tenen a veure amb el seu ús racional i els efectes de l'activitat humana sobre els recursos hídrics. La recerca entorn de la IA es centra en l'aplicació d'aquesta en sistemes d'ajuda a la presa de decisions per al disseny, modelat, control i supervisió de dominis ambientals, el sistema de llots actius, els bioreactors de membranes i altres tecnologies per al tractament d'aigües residuals, així com la determinació dels mecanismes de degradació de fàrmacs presents a les aigües residuals.

- **L'Institut de Robòtica i Informàtica Industrial (IRI)**

L'Institut de Robòtica i Informàtica Industrial (membre de TECNIO), és un institut universitari de titularitat mixta entre el CSIC i la Universitat Politècnica de Catalunya. El centre ofereix expertesa i capacitats tecnològiques en diferents àmbits de la robòtica, la visió per computador, la intel·ligència artificial i el control automàtic, entre d'altres. L'IRI transfereix coneixements en sistemes robòtics adreçats a l'ésser humà, el disseny i construcció de mecanismes robòtics innovadors, l'aplicació d'algorismes innovadors de visió per computador, sistemes d'intel·ligència artificial i sistemes adreçats a l'eficiència energètica, etc.

- **La Salle R&D**

La Salle R&D (membre de TECNIO) és un centre de recerca, innovació i consultoria vinculat a la Universitat Ramon Llull. El centre té una llarga trajectòria i experiència desenvolupant projectes per a grans corporacions i empreses emergents, i fins i tot col·labora en projectes científics i internacionals de gran importància. Les línies de recerca actuals estan relacionades amb les TIC, sistemes de suport a la presa de decisions, l'electrònica, la interacció persona-ordinador, la seguretat i el treball en xarxa (*networking*). La seva recerca té per objectiu oferir a la societat solucions tecnològiques per millorar els serveis, especialment en els camps de la salut i les ciutats intel·ligents (*smart cities*). En intel·ligència artificial, treballa en la interacció persona-ordinador mitjançant la visió computacional i els reconeixements facial i gestual, l'anàlisi de dades, l'aprenentatge automàtic, el processament de senyal, el processament d'imatge, els bots interactius, etc.

- **LEITAT**

Leitat, centre de recerca fronterer establert al 1906, compta amb un equip internacional de més de 350 científics i presència de 10 seus tant a nivell nacional com a Sud-Amèrica. Essent un referent a nivell Europeu en la transferència tecnològica associada a la revolució industrial 4.0; disposa de divisions específiques en robòtica, nano-tecnologia, eHealth, energia, ciberseguretat, economia circular, impressió 3D i Intel·ligència Artificial entre d'altres... Habituat a participar en múltiples consorcis i projectes de recerca internacionals amb caràcter confidencial; prioritza la recerca, ètica i valors tant en els entorns públics com privats

- **VICOROB**

VICOROB és el grup de recerca en Visió per Computador i Robòtica de la Universitat de Girona (UdG). És el grup de recerca més gran de la UdG, tant en termes d'equip com d'ingressos, i compta amb 2 grups SGR consolidats. La seva recerca és aplicada en els àmbits de la imatge mèdica, percepció 3D per a inspecció industrial i robòtica i visió subaquàtica. VICOROB vol ser referència a nivell internacional en el camp de la robòtica, els sistemes intel·ligents i la percepció, i fa èmfasi en les seves línies de recerca; el centre està especialitzat, entre d'altres, en anàlisi de la imatge, segmentació i detecció d'objectes dins les imatges, caracterització d'imatges mitjançant informació de color, textura i forma, sistemes de reconeixement i classificació d'objectes. Àmbits tots ells amb aplicacions pràctiques en el camp de la IA.