

Llibre blanc sobre la Intel·ligència Artificial aplicada a la salut

La IA per donar resposta
als reptes del sector de la
Salut a Catalunya

Índex

1. Introducció	11
2. Salut, concepte, pes, reptes i tendències.....	13
2.1. Abast del sector	13
2.2. Pes del sector salut a Catalunya	17
2.3. Reptes i tendències del sector salut	20
3. Breu introducció a la Intel·ligència Artificial	24
3.1. Definició i principals conceptes de la IA.....	24
3.2. Principals tecnologies d'IA per a la salut.....	26
3.2.1. Reconeixement de patrons	28
3.2.1. Automatització Robotitzada de Processos	29
3.2.1. Xarxes Neuronals Artificials.....	29
3.2.1. Processament de Llenguatge Natural (PLN)	30
3.2.2. Biometria.....	31
4. La IA com a factor de transformació de la Salut.....	33
4.1. Oportunitats de la IA en el sector de la Salut	33
4.1.1. Suport al diagnòstic.....	33
4.1.2. Planificació i guiat d'intervencions.....	36
4.1.3. Tractament personalitzat.....	37
4.1.4. Monitorització i sistemes de suport.....	37
4.1.5. Logística i gestió hospitalària	38
5. Anàlisi de la IA en el sector Salut a Catalunya	39
5.1. La IA a Catalunya.....	39
5.2. Maduresa i adopció a Catalunya.....	40
5.3. Fortaleses i acceleradors a Catalunya	43
5.3.1. Algunes iniciatives d'IA i Salut a Catalunya	47
5.4. Barreres per l'adopció de la IA en salut a Catalunya	48
5.4.1. Manca de disponibilitat de dades de qualitat degut a la no integració i no homogeneïtat	49
5.4.2. Manca de disponibilitat de dades de qualitat degut a la limitació associada al desplegament de la normativa existent de dades personals (GDPR)	50
5.4.3. Falta de col·laboració públic-privada	51
5.4.4. Dificultat i poca agilitat per la compartició de dades: mancança d'un entorn tecnològic de proves (sand box)	52
5.4.5. Manca d'estratègia clara de les organitzacions respecte del possible rol de la IA en la seva operativa i presa de decisions	52
5.4.6. Manca de transparència i dificultat per garantir el comportament ètic dels models IA i la seguretat legal per a la posterior pràctica clínica.....	52
5.4.7. Manca en la formació del personal sanitari en IA	53
5.4.8. Manca de talent expert en analítica avançada de dades i IA, i dificultat de retenció	54
5.4.9. Resistència al canvi dels professionals de la salut	54
5.4.10. Risc de no acceptació social.	54
5.5. Recomanacions per fomentar l'adopció de la IA en l'ecosistema de salut.....	56
5.5.1. Propostes amb impacte i viabilitat elevats.....	57
5.5.1. Propostes amb impacte i viabilitat de grau mig.....	60
6. Autoria i agraïments	62
ANNEX I. Presentació de casos d'ús il·lustratius	64
A I.1. Suport al diagnòstic	65
A I.2. Planificació i guiat d'intervencions	71

A I.3. Tractament personalitzat	73
A I.4. Monitorització i sistemes de suport	80
A I.5. Logística i gestió hospitalària	84
A I.6. Tecnologies base.....	88
ANNEX II. Com desenvolupar un projecte d'IA per salut	90



CIDAI-LlibreBlanc-2021-02

Drets reservats. Aquest treball està disponible sota la llicència Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0).

Segons els termes d'aquesta llicència, podeu copiar, redistribuir i adaptar l'obra amb fins no comercials, sempre que l'obra sigui citada adequadament, tal com s'indica a continuació.

En qualsevol ús d'aquest treball, no s'ha de suggerir que el CIDAI doni suport a cap organització, producte o servei específic. No es permet l'ús del logotip CIDAI.

Si adapteu l'obra, heu de llicenciar-la amb la mateixa llicència Creative Commons o equivalent.

Si creeu una traducció d'aquest treball, heu d'afegir la següent exempció de responsabilitat juntament amb la cita suggerida: "Aquesta traducció no la va crear el Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence (CIDAI). CIDAI no es fa responsable del contingut ni de l'exactitud d'aquesta traducció. L'edició original en català serà l'edició autèntica i vinculant".

Qualsevol mediació relacionada amb disputes derivades de la llicència es durà a terme d'acord amb les normes de mediació de la World Intellectual Property Organization.

Cita suggerida. CIDAI-LlibreBlanc-2021-02 // Llibre blanc sobre la intel·ligència artificial aplicada a la salut, CIDAI, 2021. Llicència: CC BY-NC-SA 4.0.



Resum executiu

La intel·ligència artificial (IA) és un de les principals protagonistes i impulsors de canvi del panorama tecnològic actual. La IA té el potencial de transformar profundament la societat i l'economia i ser un pilar en múltiples sectors clau com és el de la salut.

La IA promet grans avenços en el sector de la salut, concretament en la consolidació de la coneguda com medicina 4P:

- Preventiva
- Predictiva
- Personalitzada
- Participativa

Catalunya disposa d'elevades capacitats i potencialitats per liderar el desenvolupament i l'adopció de la intel·ligència artificial al sud d'Europa i per posicionar-se com un pol tecnològic referent. El teixit empresarial català ha començat a buscar nou valor en l'aplicació de la intel·ligència artificial en el sector de la salut. Força empreses i organismes tenen iniciatives exploratòries i algunes ja han desplegat les primeres aplicacions intel·ligents. No obstant això, el seu impacte és encara baix i el nivell d'adopció de tecnologies innovadores en IA per part del sector privat i especialment per part de les Petites i Mitjanes Empreses (PIMEs) del sector segueix sent menor respecte a altres països europeus. Atès que en molts casos això està motivat per la falta de confiança en les tecnologies pròpies, cal un major lideratge de les nostres entitats, fomentar i reforçar la col·laboració interna, donar visibilitat a casos d'èxits existents i impulsar la transferència tecnològica per poder posicionar Catalunya entre els líders tecnològics en intel·ligència artificial i tecnologies de les dades.

Què és la IA?

- Conjunt de tecnologies (desenvolupament d'algoritmes des del Machine Learning al Processament de Llenguatge Natural), que permeten una presa de decisions intel·ligents i realitzar tasques que normalment requeririen intel·ligència humana. Facilitant que màquines realitzin processos cognitius similars als humans, incloses les capacitats d'aprendre, comprendre, raonar i interactuar.

Sota aquest context, l'objectiu d'aquest Llibre Blanc és donar els arguments i les pistes per facilitar i accelerar l'adopció de la intel·ligència artificial en l'àmbit de la salut com un instrument clau per a un augment en l'eficàcia del sistema sanitari.

Com a punt de partida es reflexiona sobre el sistema de salut i el seu abast, es revisa el pes i la realitat del sector a Catalunya i s'identifiquen els principals reptes i tendències existents actualment. Elements com el creixement demogràfic i atenció sanitària a llarg termini; l'impuls de la digitalització; l'augment

de la pressió sobre els sistemes sanitaris; canvi en l'estil de vida i expectatives dels pacients; crisi econòmica i social, són tots ells reptes als quals ha de donar resposta el sistema sanitari. En aquest sentit, s'identifiquen diverses tendències en el marc del sector de la salut que, de manera global, poden donar resposta a aquest conjunt de reptes presents: la medicina personalitzada i integral; la nutrició personalitzada; hospitals intel·ligents i assistència sanitària intel·ligent; dispositius mèdics i IoMT (Internet of Medical Things); tecnologia domiciliar segura; robòtica assistencial; teràpies i processos basats en les dades (data-driven).

El llibre blanc pretén analitzar l'impacte que la IA pot tenir en la nostra societat i, més concretament, en l'àmbit de la salut, per tal d'inspirar els agents del sector i augmentar la penetració de la IA entre el sector públic i les empreses. L'objectiu és promoure l'adopció d'aquestes tecnologies al públic català, per millorar els serveis de salut a la ciutadania, donant un impuls a la innovació en aquest àmbit i, consegüentment, fent d'aquesta transformació tecnològica una important contribució a la societat i al teixit economicoempresarial de tot el territori.

Fruit de les discussions amb els experts que han participat a l'estudi, s'han identificat les principals oportunitats de la IA en el sector de la salut:

- Suport al diagnòstic
- Planificació i guiat d'intervencions
- Tractament personalitzat
- Monitorització i sistemes de suport
- Logística i gestió hospitalària

L'estudi, a partir de les contribucions dels diferents experts que hi han participat, posa de relleu un conjunt de dificultats o barreres que suposen un fre al desenvolupament i l'adopció de la IA en l'àmbit de la salut en el context català. D'aquesta reflexió amb experts, tant del món empresarial com del sector públic i acadèmic, es destaquen principalment les següents barreres:

- Manca de disponibilitat de dades de qualitat degut a la no integració i no homogeneïtat de les dades.
- Manca de disponibilitat de dades de qualitat degut a la limitació associada al desplegament de la normativa existent de dades personals (GDPR)
- Falta de col·laboració públic-privada
- Dificultat i poca agilitat per la compartició de dades: manca d'un entorn tecnològic de proves (*sandbox*)
- Manca d'estratègia clara de les organitzacions respecte del possible rol de la IA en la seva operativa i presa de decisions
- Manca de transparència i dificultat per garantir el comportament ètic dels models IA i la seguretat legal per a la posterior pràctica clínica.
- Manca en la formació del personal sanitari en IA
- Manca de talent expert en analítica avançada de dades i IA, i dificultat de retenció del mateix
- Resistència al canvi dels professionals de la salut

- Risc de no acceptació social.

Per últim, també amb la contribució del grup d'experts, s'elaboren un conjunt de recomanacions i propostes agrupades en dos blocs segons el nivell d'impacte que poden produir i segons el grau de viabilitat en el context català.

El primer grup de mesures es considera amb un nivell d'impacte i viabilitat elevats:

1. Facilitació de l'accés a les dades de salut.
2. Suport a l'estratègia IA de les organitzacions.
3. Creació d'entorns de proves.
4. Facilitar la innovació públic-privada.

Les propostes del segon grup es consideren amb un nivell d'impacte i viabilitat a més llarg termini:

1. Combatre la resistència al canvi en les organitzacions.
2. Formació i retenció de talent expert.
3. Sensibilització de la ciutadania.

Com a conclusió es considera que per poder avançar en les diferents recomanacions exposades s'aconsella impulsar una taula sectorial del sector de la salut que dinamitzi, coordini i impulsi les diferents línies de treball prioritzades.



Abreviacions

- ABS: Àrea Bàsica de Salut
- ANN: Xarxes neuronals artificials (de l'anglès Artificial Neural Network)
- B2B: Business to Business. Tipologia de negoci on una empresa fa un servei a una altra
- B2C: Business to Customer. Tipologia de negoci on una empresa fa un servei directament a client final
- CatSalut: Servei Català de la Salut
- CIDAI: Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence
- CNAE: Classificació Nacional d'Activitats Econòmiques
- CNN: Xarxes neuronals convolucionals (de l'anglès Convolutional Neural Networks)
- CVC: Centre de Visió per Computador
- DaaS: Diagnòstic com a Servei.
- DNN: Xarxes neuronals profundes (de l'anglès Deep Neural Network)
- DP: Patologia Digital
- EM: Esclerosi múltiple
- ERP: Enterprise Resource Planning. Software de planificació de recursos empresarials.
- GDPR: General Data Protection Regulation
- HPC: Computació d'alt nivell de càlcul (de l'anglès High Performance Computing)
- IA: Intel·ligència artificial
- IoT: Internet de les coses (de l'anglès Internet of Things)
- IoMT: Internet de les coses mèdiques (de l'anglès Internet of Medical Things)
- KPI: Key Performance Indicators. Indicadors clau de rendiment. Valor mesurable que demostra com d'efectiva és una organització o negoci en assolir els seus objectius empresarials.
- LSTM: memòria a llarg-curt termini (de l'anglès Long-Short Term Memory)
- ML: Machine learning
- MRI: Imatge per ressonància magnètica (de l'anglès Magnetic Resonance Imaging)
- NLG: Generació del llenguatge natural (de l'anglès Natural Language Generation)
- NLU: Comprensió del llenguatge natural (de l'anglès Natural Language Understand)
- OECD: Organització per a la cooperació i el desenvolupament econòmic
- OMS: Organització Mundial de la Salut
- PADRIS: Programa d'anàlisi de dades per a la recerca i la innovació en salut
- PET: Tomografia per emissió de positrons
- PIB: Producte interior brut
- PIMES: Petites i mitjanes empreses
- PLM: Processament de llenguatge natural
- QMS: Sistema de gestió de qualitat (de l'anglès quality management System)
- R+D+i: Recerca, desenvolupament i innovació
- RA: Realitat Augmentada
- RIS3CAT: L'Estratègia de recerca i innovació per a l'especialització intel·ligent de Catalunya
- ROI: Retorn de la inversió
- RPA: Automatització de processos robotitzats
- SaaS: programari com a servei (de l'anglès Software as a Service)
- SIMDCAT: sistema d'Imatge Mèdica Digital de Catalunya
- SPECT: tomografia computeritzada d'emissió de fotons individuals

- SISCAT: sistema sanitari integral d'utilització pública de Catalunya
- TAC: Tomografía Axial Computerizada
- TIC: Tecnologies de la informació i comunicació
- VAB: Valor agregat brut
- UE: Unió Europea
- UMLS: Sistema de llenguatge mèdic unificat (de l'anglès Unified Medical Language System)



1. Introducció

En l'actualitat estem immersos en una època de grans avanços tecnològics. La creixent disponibilitat i accés a grans quantitats de dades d'alta qualitat, combinat amb un alt poder computacional i algoritmes d'última generació, està generant una onada d'innovació tecnològica mai vista abans. La computació al núvol, la robòtica, la ciberseguretat, la internet de les coses (IoT) i blockchain són exemples d'aquestes tecnologies d'entre moltes altres. Entre aquestes destaca la intel·ligència artificial (IA) com una de les disciplines que tindrà més poder i influència en el model de societat i d'economia del futur. La IA vertebrava una nova era tecnològica, amb aportacions potencials a una ampla gamma de camps i sectors. Incloent, de forma notable, l'impacte al sector de la salut.

La crisi sanitària començada al març del 2020 degut a la pandèmia del Covid-19 ha posat en evidència la necessitat de comptar amb un sistema de salut resiliència, que pugui donar respostes ràpides davant situacions d'emergència. No tan sols pel que fa al tractament de pacients directament, també a la gestió dels estocs de material sanitari, l'anticipació a onades víriques, la previsió d'espais ocupats a les UCIs, etc.

La IA es presenta com una aliada que pot fer més eficients els processos del sistema de salut, però requereix de l'accés a dades de qualitat.

Hi ha publicacions recents d'abast internacional que il·lustren de manera fefaent l'impacte de l'aplicació de les tecnologies basades en IA en el domini de la Salut i que ajuden a posar en context l'anàlisi que es fa en aquest llibre blanc per a l'àmbit català. Al març del 2020, just quan va esclatar la pandèmia de la COVID-19, l'EIT-Health i McKinsey van publicar l'informe *Transforming Healthcare with AI* en què ja es feia una bona predicció del creixement en recerca, solucions transformadores i oportunitats de negoci de la IA en la Salut, i assenyalava algunes palanques del canvi com la col·laboració multidisciplinària, la necessària reformulació de l'educació i expertesa dels professionals i el reforç de l'accés a dades de qualitat. Tot just ara, al tancament d'aquest document, al gener del 2022, l'article de revisió científica *AI in Health and medicine* publicat a la revista *Nature Medicine*, que compta amb el reputat expert Eric J. Topol com un dels seus co-autors, identifica el progrés, reptes i oportunitats de l'aplicació de la IA a la Salut, i destaca alguns trets necessaris per seguir avançant cap a l'adopció a gran escala com per exemple la fusió de dades heterogènies incloent les òmiques, l'aprenentatge automàtic federat, les tècniques d'IA no supervisades i la col·laboració humà-IA per la resolució de problemes complexos, la IA explicable i confiable, tot això sense oblidar els reptes ètics, regulatoris i de negoci encara per resoldre.

A Catalunya, durant molts anys s'han estat generant dades al sistema de salut que no han estat aprofitades per la presa de decisions. Un exemple molt clar és la recopilació de l'historial clínic de les persones que fins ara s'havia recollit en diferents formats i sense categorització. La IA pot donar solucions a la medicina preventiva, a la diagnòsi i al tractament de malalties fent ús d'aquestes dades que es generen al propi sistema de salut. No obstant, generar dades no és suficient si no es crea un marc regulador que faci que el seu ús i compartició sigui legítim i segur per a la població.

L'objectiu d'aquest document és **l'impuls i foment de l'adopció i la incorporació de la IA** en els diferents processos de servei i de gestió de les organitzacions que treballen en l'àmbit de la salut, analitzant l'aplicabilitat de la IA per fer front als principals reptes del sector a curt i mig termini. D'aquesta manera el llibre blanc té l'objectiu de:

- Sensibilitzar entorn la IA al sector de la salut, especialment les PIMES;
- Reflexionar al voltant de les barreres actuals i presentar les oportunitats que s'espera que derivin de la implementació de la IA;
- Recomanar àrees i presentar casos d'ús d'exemple i amb potencial per on començar a iniciar el camí en l'adopció de la IA.

A qui va adreçat:

- Document enfocat a PIMES (petites i mitjanes empreses) que estiguin treballant en projectes del sector de la salut.
- Alhora donar suport a tots els agents de l'ecosistema que estan – o volen estar - al corrent en la definició de la salut del futur a través de la implementació de tecnologies disruptives com és la IA (administracions públiques, personal sanitari, associacions, entitats o grups).

Metodologia:

Per tal d'ampliar l'abast i perspectiva de l'estudi s'han realitzat 11 entrevistes obertes a referents i experts del sector de la salut: professionals sanitaris, especialistes d'IA, experts del món acadèmic, gerents de pimes i empreses emergents i especialistes de grans empreses. Els entrevistats van ser seleccionats per ser considerats coneixedors del sector, tant per la seva vinculació professional com acadèmica, de manera que poguessin proporcionar informació rellevant sobre el sector. Les entrevistes han culminat amb una sessió conjunta de treball de 3 hores repartida en dos dies (Think Thank) per a reflexió i consens sobre reptes i actuacions. Les perspectives dels entrevistats han estat d'especial valor pels apartats reflexius del document com són la identificació de reptes i actuacions per l'adopció de la IA en la salut.

El present document ha estat redactat per consultors especialitzats en innovació i tecnologia del Centre Tecnològic Eurecat sota encàrrec i supervisió del CIDAI i els socis que el conformen (i de forma més directa, pel BSC, CVC, IDEAI-UPC, i2Cat i Eurecat) i en col·laboració amb la Fundació TIC Salut Social.



2. Salut, concepte, pes, reptes i tendències

El sistema de salut és definit per l'Organització Mundial de la Salut (OMS) com la suma de totes les organitzacions, institucions i recursos pels que l'objectiu principal consisteix a millorar la salut. I la salut, com un estat de complet benestar físic, mental i social, i no tant sols l'absència d'afeccions o malalties¹.

El Pla de Salut de Catalunya 2016-2020² subratlla que una població saludable és l'actiu més important d'un país i la disponibilitat d'un sistema públic de salut que sigui universal, equitatiu, efectiu, eficient i just és un element indispensable d'avenç. El Pla recalca la necessitat d'un abordatge multilateral amb un enfocament conegut com a "salut en totes les polítiques", perquè la seva millora i equitat no depèn únicament del sistema sanitari. La salut d'una comunitat en marca el grau de desenvolupament i el potencial de progrés, en tant que permet el desenvolupament i el progrés de les persones que la integren.

Els principis del Pla de Salut de Catalunya han guiat l'elaboració de l'estudi i aquest Llibre Blanc que el documenta, per tal de proporcionar una visió holística de l'aplicació de la IA en el sistema de salut català entenent que la salut comprèn el benestar físic, mental i social de la població i la prevenció de malalties i afeccions mitjançant un estil de vida saludable.

2.1. Abast del sector

El sistema de salut està format per la medicina en totes les seves vessants o el que anomenem com la medicina 4P: la medicina preventiva, predictiva, personalitzada, i participativa.

La medicina preventiva, tal com diu el seu nom, engloba totes aquelles pràctiques mèdiques que tenen com a objectiu prevenir que les persones pateixin determinades patologies i malalties. Un exemple de medicina preventiva és la detecció precoç d'una resistència a la insulina que podria acabar desencadenant una diabetis de tipus II.

La medicina predictiva ha estat emprada pels professionals de la medicina per determinar els factors de risc que presenten les persones com per exemple factors personals (hàbits de vida), factors genètics (història familiar), exposicions (treballs de risc). L'anàlisi d'aquests factors de risc ha permès als professionals valorar d'una forma aproximada i basada amb dades observacionals la probabilitat dels

¹ Organización Mundial de la Salud. Acerca de la OMS <https://www.who.int/about/es/>

² Pla de Salut 2016-2020. Departament de Salut. Generalitat de Catalunya
https://salutweb.gencat.cat/ca/el_departament/Pla_salut/pla-de-salut-2016-2020/

pacients de patir certes patologies o malalties. En l'actualitat, el recull d'aquestes dades d'una forma ordenada y categoritzada està permetent que en els camps de l'oncologia, la cardiologia, nutrició i neurologia per nombrar-ne uns quants s'estiguin beneficiant del poder de les dades per poder predir de forma automatitzada els riscos de les persones basats en dades.

La medicina personalitzada o també coneguda com medicina de precisió consisteix en posar a la disposició dels pacients tractaments que siguin específicament dissenyats per a les seves necessitats. L'oncologia és un camp on la medicina personalitzada està agafant un gran paper ja que en tipologies de tumors molt específics, segons les característiques genòmiques i moleculars del tumor de cada pacient, es pot oferir un tractament personalitzat amb major especificitat i per tant major eficàcia i menor toxicitat. Si tota la informació genòmica i de resposta als tractaments específics fos de fàcil accés i es pogués compartir a tot el sistema de salut la medicina personalitzada no tindria barreres.

La medicina participativa busca la participació del pacient en el procés d'atenció de la salut i no tan sols del professional mèdic. Aquesta sorgeix en els darrers anys amb l'augment de la participació ciutadana en grups socials creats a internet on es comparteixen experiències, diagnòstics, simptomatologies, etc. que resulten en un gran repositori d'informació de ràpid accés per a tothom. En l'actualitat, la mitjana del nivell educatiu dels pacients és molt més alta que fa només dos dècades i per tant, estan molt més informats i també busquen saber més sobre les causes de les malalties i conseqüències dels tractaments. Poder aprofitar aquest coneixement del pacient no tan sols pot ajudar en el diagnòstic sinó que pot suposar un estalvi per al sistema de salut.

L'ingredient principal per poder comptar amb solucions basades amb IA són les dades. En aquest sentit, en el sector de la salut, les dades es poden dividir en 4 categories principals: les dades ambientals, d'imatges, biològiques i clíniques.

Les dades ambientals són totes aquelles dades de qualitat de l'aire, de l'aigua, dels sòls, dels aliments, etc. que no provenen dels pacients sinó de l'entorn que els envolta i que tenen un impacte directe en la seva salut. L'OMS estima que un 25% de la càrrega mundial de morbiditat i el 23% de totes les defuncions prematures són conseqüència de factors ambientals. Si ens referim a la regió europea, les dades indiquen que un 20% de la incidència total de les malalties poden ser atribuïdes a factors ambientals¹. El gran impacte de les dades ambientals en la qualitat de vida de la societat posa en evidència la importància de comptar amb mesures que permetin fer un seguiment acurat i aplicar polítiques ambientals per mitigar els efectes.

Les dades conductuals i d'estil de vida són dades de les accions individuals dels pacients. Es tracta d'una font de dades amb molt potencial gràcies la capacitat de generar dades a partir d'aplicacions mòbils, tauletes, ordinadors i l'IoT (Internet of Things). Ser capaç d'analitzar els comportaments i estats d'ànim dels pacients a través de les seves interaccions, publicacions, recursos compartits, comentaris, etc. als canals de xarxes socials podria proporcionar informació incomparable sobre el benestar d'un pacient. També es pot recollir informació sobre els hàbits dels pacients (nutrició, esport, son...) mitjançant aplicacions mòbils i sensors. En aquest grup de dades també s'inclou informació

¹ Salut i Medi ambient. Diputació de Barcelona. <https://www.diba.cat/salutpublica/salut-i-medi-ambient>

socioeconòmica per tal de poder completar l'entorn del pacient, que està demostrat que té incidència sobre la salut.

Les dades biològiques són aquelles que aporten els pacients ja sigui per mitjà d'extraccions de sang o altres fluids com també teixits. Dintre de les dades biològiques també es troben les dades òmiques. L'aparició de tecnologies òmiques, com els mètodes de seqüenciació massiva han suposat una revolució en el camp de la biologia molecular i, en conseqüència, en la biomedicina. La gran quantitat de dades que es generen amb les tecnologies òmiques permet entendre molt millor les causes moleculars de moltes patologies i deixen un camí a recórrer amb molt de potencial per a l'ús de les dades en la millora de la precisió i personalització de la medicina.

Les dades clíniques d'un historial clínic són les dades que s'extreuen de les exploracions prèvies que se li han efectuat al pacient i ajuden a analitzar el recorregut mèdic per així poder captar tendències, recaigudes en la malaltia o símptomes enregistrats anteriorment. Inclouen les dades d'imatges que provenen de proves de rajos X, tomografies computeritzades, estudis de medicina nuclear, imatges per ressonància magnètica o ecografies. Cada una d'aquestes proves es duu a terme segons els símptomes que presenti el pacient i les imatges que se'n deriven aporten una gran quantitat de dades que fins al moment no s'havia utilitzat amb la totalitat del seu potencial. Avui en dia doncs, la IA es presenta com una gran oportunitat per poder extreure'n informació d'alt valor d'imatges mèdiques que ajudin a diagnosticar amb una major previsió i precisió possibles malalties o patologies que a ull nu són molt difícils de captar. La IA pot ajudar a la detecció automàtica i offline de tendències en les dades clíniques per fomentar la medicina predictiva i preventiva generant alertes que permetin al professional mèdic tenir la possibilitat d'actuar proactivament.

Com ja s'ha mencionat anteriorment, la salut no tan sols és l'absència de malaltia sinó que és un estat de complet benestar físic, mental i social. En aquest sentit, quan parlem de salut no podem deixar de banda la importància dels hàbits de vida saludable que permeten disminuir la probabilitat de patir malalties i fomenten un estat de benestar integral de les persones. El pilars de la vida saludable es poden dividir en 4 grans grups: l'activitat física i l'esport, la nutrició, la qualitat de la son i l'estat psicològic i activitat social.

L'activitat física i l'esport no només aporten beneficis físics com per exemple augmentar la densitat òssia, reducció del risc de patir obesitat, reducció del risc de patir càncer de colon i diabetis, etc. sinó que també contribueix a una millor salut psicològica i social degut a una millora de l'estat d'ànim i a l'ajuda en el control de l'ansietat i sentiments depressius.

La nutrició és un element bàsic per mantenir un estat de salut òptim. Els aliments contenen un entramat de nutrients, micronutrients, vitamines, bacteries, etc. que combinats ajuden a les persones a mantenir el cos sa i a combatre amenaces de bacteries i virus que poder posar en risc la salut. Les tecnologies òmiques tenen un gran camp d'investigació a explorar en l'entramat de components dels aliments i com aquests interactuen amb el cos humà ja que per ara, el coneixement en aquest àmbit està poc explorat. La IA doncs, pot ser l'aliat perfecte per poder processar aquesta gran quantitat de dades de components dels aliments per poder així utilitzar els aliments com a medicina d'una forma encara més evident.

La qualitat de la son és imprescindible per poder dur a terme l'activitat diària amb el nivell d'atenció, alerta i energia necessària per evitar accidents, tenir una actitud agradable amb la gent que ens envolta i tenir un estat de salut mental òptim. Per altra banda, és durant les hores de son quan el cos humà engega uns mecanismes de regeneració i creixement que es poden veure afectats per la mala qualitat de la son i per tant fer a les persones més propenses a patir malalties.

L'estat psicològic i activitat social de les persones estan molt relacionats. Tant és així que aquí es troben englobats en un mateix grup. La salut psicològica és fonamental per poder tenir una vida plena. Els símptomes de no tenir salut psicològica solen ser molt menys evidents que d'altres malalties que tenen una representació física i per tant molts cops són obviats o infravalorats. Tenir un cercle social amb relacions sanes on poder expressar inquietuds, motivacions i preocupacions pot ser bàsic per una salut mental òptima. En aquest sentit, la IA, mitjançant tècniques de reconeixement de la veu, de la imatge i sensors, pot fomentar la creació d'eines que permetin detectar comportaments que evidencien problemes psicològics que requereixen ajuda professional.

Els agents del sistema de salut són tant els que reben els serveis com els que els presten. De les seves interaccions en sorgeixen les dades que nodreixen el sistema i obren la porta a potencials solucions d'IA que, en conseqüència, milloraran la medicina 4P. Els usuaris es poden dividir en 4 grups: la ciutadania, el cuidador, el professional de la salut i l'administració.

La ciutadania o pacient és el receptor dels serveis de salut i per tant l'usuari final. Si pensem en clau d'interacció de serveis, el pacient és el consumidor i el sistema de salut el proveïdor del servei. En aquest sentit, la relació comercial no és lineal del proveïdor cap al consumidor sinó que el fet que el sistema de salut sigui públic fa que el proveïdor (en aquest cas, el sistema de salut) compti amb l'avantatge de què, des del moment que el client neix, pot monitoritzar el seu historial clínic per així anar millorant els serveis que li pot proveir. Així doncs, la ciutadania no només és la receptora de serveis de salut sinó l'input imprescindible per la millora dels serveis.

Els cuidadors són aquelles persones que, podent no tenir una qualificació professional relacionada amb la salut, acompanyen i tenen cura de persones en situació de dependència o discapacitat. Aquestes persones poden formar part del cercle familiar del pacient o no i tenen un gran paper en el sistema de salut ja que ells mateixos són molts cops els que monitoritzen l'estat de salut dels dependents i els hi proporcionen cures i serveis d'atenció primària.

Els professionals de la salut són aquelles persones capacitades per atendre les necessitats dels pacients en termes de salut i inclou tant als especialistes mèdics (ex. Cardiólegs, ginecòlegs, nutricionistes, etc.) com a les professions d'infermeria i farmàcia.

Els administradors i decisors del sistema de salut inclou tot el personal de les capes directives dels hospitals, els encarregats de tasques administratives i els òrgans de les administracions públiques que tenen poder de decisió sobre el funcionament i reglamentació en el sistema de salut.

La Figura 1 resumeix tots aquests conceptes:



Figura 1. Mapa 4X4 (font: elaboració pròpia)

2.2. Pes del sector salut a Catalunya

A Catalunya el model sanitari és mixt, agrupant tant centres de titularitat pública com concertada o privada dins de la xarxa que s'ofereix a la ciutadania.

Els principals agents del sistema de salut són¹:

- Departament de Salut: autoritat responsable de la planificació i el finançament.
- Servei Català de Salut (CatSalut): és l'eix fonamental de l'ordenació sanitària del país i neix amb la voluntat de finançar, comprar i avaluar els serveis sanitaris.
- Proveïdors sanitaris: agents prestadors dels serveis de salut i responsables de la qualitat dels serveis que presten. Com s'ha comentat a Catalunya hi ha una cartera de proveïdors mixta:
- Institut Català de Salut: pertany a la administració sanitària autonòmica.
 - Proveïdors concertats: tenen acords de finançament amb el sector públic. La titularitat pot ser privada o mixta.
 - Proveïdors privats.

¹ El sector de la salut a Catalunya. Cambra de Comerç de Barcelona.

https://www.uch.cat/documents/cat_estudi_sectorial_el_sector_salud_a_catalunya_febrer_20101.pdf

- Ciutadania: clients dels proveïdors sanitaris. Disposen d'una targeta sanitària que els identifica i permet accedir als centres i serveis oferts pel sistema sanitari públic.

Per tal de definir un marc estable d'entitats proveïdores de serveis assistencials, l'any 2000 es va crear el sistema sanitari integral d'utilització pública de Catalunya (SISCAT), que integra les xarxes assistencials en un sol sistema. El SISCAT ha ajudat a optimitzar les infraestructures existents, consolidar aliances estratègiques entre proveïdors i afavorir el contínuum i la integració assistencials. Amb la voluntat d'avançar en la concepció integral i integrada del sistema, es va reformar el SISCAT incloent-hi totes les xarxes pel tipus de serveis que presten (internament, comunitari, transport sanitari i altres serveis sanitaris), de manera que a l'actualitat està integrat per centres hospitalaris, equips d'atenció primària, centres d'internament sociosanitaris, centres de salut mental amb internament, recursos de transport sanitari urgent i altres serveis sanitaris (rehabilitació, oxigenoteràpia, etc.). Una part de les entitats del sistema estan participades pel Departament de Salut o el CatSalut, consorcis i fundacions¹.

El model sanitari públic català es fonamenta en diferents principis² entre els quals de cara a aquest document és important destacar:

- Voluntat d'assistència universal
- Abordatge integral de la salut des de la salut pública a l'atenció primària i comunitària, l'atenció hospitalària, l'atenció sociosanitària, l'atenció en salut mental i també l'atenció des de l'àmbit social.
- Equitat i superació de les desigualtats territorials o socials.
- Gestió descentralitzada de la sanitat.

A nivell econòmic el pressupost consolidat de despesa del departament de salut el 2020 és el 32,3% del pressupost total, i correspon a 10.036,87 milions d'euros.³ (entenent que el 2020 ha estat un any singular amb un augment del pressupost en salut degut a la pandèmia).

La despesa sanitària total a Catalunya està formada per la suma de la despesa sanitària pública i la despesa sanitària privada.

Si es compara amb la resta de països de l'OCDE es pot veure que l'any 2018 :

- La despesa en sanitat pública per càpita en dòlars segons paritat poder de compra per càpita anual a Catalunya l'any 2018 va ser de \$2.148,7 (per sota de la mitjana de la UE \$3.601,1 i de l'OCDE \$3.030,0).

¹ El sistema sanitari públic a Catalunya. CatSalut. Generalitat de Catalunya <https://catsalut.gencat.cat/ca/coneix-catsalut/25-anys/ambits/siscat/>

² Principis del model de salut. CatSalut. Generalitat de Catalunya <https://catsalut.gencat.cat/ca/coneix-catsalut/presentacio/model-sanitari-catala/#bloc2>

³ Sector públic de salut. Departament de Salut. Generalitat de Catalunya https://salutweb.gencat.cat/sector_public/

- La despesa en sanitat privada per càpita en dòlars segons paritat poder de compra per càpita anual a Catalunya l'any 2018 va ser de \$1.002,1 (bastant semblant a la mitjana de la UE \$1.007,9 i per sobre de l'OCDE \$950,9)¹.

A nivell d'empreses dedicades a la Salut a Catalunya és interessant recalcar la seva rellevància i que es considera un dels més dinàmics del sud d'Europa. D'acord amb BIOCAT², el sector de les ciències de la vida i la salut a Catalunya té una representació del 7,3% del PIB, distribuït en 3,5% del sector de les ciències de la vida i un 3,8% dels serveis sanitaris, amb una facturació de les seves empreses de 19.767 M€. L'ecosistema compta amb:

- Més de 1.200 empreses, de les quals 180 relacionades amb digital health, 156 proveïdors i enginyeries, i 198 de professionals i consultoria.
- 89 institucions de recerca: centres de recerca, hospitals universitaris, parcs tecnològics i científics, universitats, grans infraestructures i centres tecnològics.

Demanda del sector:

L'informe de Salut de Catalunya del 2019³ confirma que l'estat de salut declarat per la ciutadania és bo i els indicadors de salut es troben entre els nivells més elevats d'Europa, disposant de l'esperança de vida més alta. La seva distribució, però, mostra diferències relacionades amb el gènere, edat o situació socioeconòmica.

La població de Catalunya és de 7,72 milions de persones⁴. Ha experimentat un creixement de més d'un milió quatre-centes mil persones des de l'any 2000 (especialment entre els anys 2001 i 2008). Des del 2015 creix de forma més lenta, i falta per veure les conseqüències del coronavirus en la influència migratòria.

La distribució de la població per grups d'edats és la següent:

- 20,5% menors de 20 anys
- 60,7% entre 20 i 64 anys
- 18,7% més de 65 anys. Essent la proporció de dones molt més elevada amb un 70% de dones a la franja de més de 90 anys.

El 12% dels homes i el 14,4% de les dones viuen sols i aquesta proporció arriba fins al 43,8% de dones de 80 anys i més⁵.

¹ Despesa sanitària pública per càpita en dòlars segons paritat poder de compra. Servei Català de la Salut. https://catsalut.gencat.cat/web/.content/minisite/catsalut/coneix_catsalut/informacio-economica/documents/quadres-despesa-salut-per-capita.pdf

² Informe BioRegió de Catalunya 2020. Mirada en perspectiva del sector de les ciències de la vida i la salut. Blocat <https://informe.biocat.cat/>

³ Informe de salut de Catalunya 2019. Departament de Salut. Generalitat de Catalunya https://salutweb.gencat.cat/web/.content/_departament/estadistiques-sanitaries/dades-de-salut-serveis-sanitaris/Informe-de-salut-de-Catalunya/Informe-de-Salut-2019.pdf

⁴ Població a 1 de gener. Per sexe i grups d'edat. IDESCAT <https://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=253>

⁵ Població de 20 anys i més que viu sola. Per sexe i grups d'edat IDESCAT. <https://www.idescat.cat/indicadors/?id=anuals&n=10793>

L'informe fa esment en que les condicions de vida en general de la societat van empitjorar degut al període de recessió econòmica (2008-2014) i no s'ha acabat de recuperar.

Pel que fa als **hàbits de vida saludable** l'informe presenta que en els adults, el 84,5% dels homes i el 81,1% de les dones de 15 a 69 anys fan una quantitat d'activitat física saludable i no s'observen diferències rellevants per grup d'edat ni gradient social. No obstant respecte els **hàbits alimentaris** els nens i nenes dels grups socials més desfavorits són els que més sovint consumeixen productes hipercalòrics (begudes ensucrades, la brioixeria o els piscois i els productes salats).

Segons l'informe, els **problemes de salut de llarga durada** més freqüents que la població declara haver patit el darrer any són diferents segons el sexe i grup d'edat. Una de les característiques de les malalties i trastorns crònics és la seva durada en el temps i la tendència és que se n'acumulin diversos en una mateixa persona a mesura que augmenta l'edat. Per tant, hi ha persones que, pel fet de patir-ne diversos, tenen un nivell més elevat de complexitat a l'hora de ser ateses. Això es manifesta en un ús més intensiu dels recursos sanitaris i en una taxa de mortalitat més elevada.

2.3. Reptes i tendències del sector salut

La Comissió Europea planteja els grans reptes del sector de la Salut els futurs anys. Aquests són¹ :

Creixement demogràfic i atenció sanitària a llarg termini

Es calcula que el nombre de persones grans de 80 anys o més passarà de 125 milions el 2015 a 434 milions el 2050.

L'increment de l'esperança de vida de les persones és un gran assoliment però alhora comporta un augment del nombre de persones al sistema sanitari, amb persones més grans, i per tant un increment de les patologies, malalties cròniques i amb un grau de complexitat més gran, amb un augment de les discapacitats relacionades amb l'edat.

D'acord amb l'estudi d'EITHealth moltes persones majors de 60 anys viuen amb dues o més afeccions cròniques (multimorbiditat), amb malalties cardiovasculars (30%), neoplàsies malignes (15%), malalties respiratòries cròniques (9,5%), malalties musculoesquelètiques (7,5%) i neurològiques i trastorns mentals (6,6%). La gestió de pacients amb necessitats complexes sol ser més cara per als sistemes de salut. També afegeix complexitat als fluxos d'informació, ja que grans volums de dades sanitàries ja no es troben principalment a l'hospital. Requereix que els sistemes sanitaris passin de l'atenció episòdica basada en els ingressos hospitalaris a la gestió proactiva de l'atenció crònica, controlada pels centres sanitaris o des de casa. També requereix un conjunt diferent d'habilitats i una forta cultura de col·laboració entre metges de totes les especialitats i entre metges i altres professionals de la salut.

¹ Shaping Europe's digital future. E-health <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/ehealth>

A mesura que el nombre de persones grans continua creixent juntament amb la seva longevitat, la necessitat de cures a llarg termini augmentarà significativament per als majors de 80 anys.

Impuls de la digitalització

Quan es parla de tecnologia és molt important considerar la velocitat d'adopció i actuació per avaluar l'impacte d'aquesta. Aquelles societats que són capaces de crear i adoptar la tecnologia en els inicis de la seva creació són les que es posen al capdavant del desenvolupament tant social com econòmic. Actualment, es fa fonamental invertir en inclusió i confiança digital. Les tecnologies i solucions de serveis digitals en el sector de la salut estan creixent de forma exponencial i la necessitat de generar confiança en l'economia digital és un aspecte clau.

Un dels grans impulsors de la digitalització és la necessitat d'integrar serveis tant assistencials com tecnològics per a afrontar el repte que suposa la medicina 4P per a mitigar l'impacte de la cronicitat i envelliment amb uns recursos sanitaris limitats. D'aquesta palanca de canvi, es deriva la necessitat de desenvolupar sistemes inclusius i segurs, que compleixin amb tots els requisits de fiabilitat i seguretat (GDPR). També, cal dir que aquesta integració i digitalització ha estat la palanca que ha permès la irrupció de les solucions d'IA en l'àmbit de la salut.

Augment de la pressió sobre els sistemes sanitaris

Els sistemes sanitaris de tot el món s'enfronten a l'esgotament dels recursos en un moment en què la demanda d'assistència sanitària augmenta ràpidament. Els governs s'enfronten a una pressió creixent per reduir els costos sense afectar la qualitat ni l'accés a la cura.

Els governs responen amb reformes sanitàries i reconeixen la necessitat d'una major col·laboració amb el sector privat i busquen solucions remotes de baix cost, eficients i digitals per reformar l'assistència sanitària i abordar els problemes de recursos que s'esgoten.

Canvi en l'estil de vida i expectatives dels pacients

La incidència dels dispositius mòbils, accés a Internet, auge de les aplicacions, etc. ha provocat que les persones esdevinguin uns agents actius en el control de la seva salut: cerca d'informació, registre i control de dades (de la son, pulsacions, etc.), comparativa de fàrmacs, etc. D'aquesta manera hi ha una transformació en la manera de relacionar-se entre els professionals de la salut i els seus pacients.

També cal destacar que aquest accés universal a la informació sobre la salut suposa un repte extra pel sistema de salut en general i els professionals de la salut en particular, que han de garantir l'accés a fonts d'informació fiables i segures.

Crisi econòmica i social

A nivell català cal sumar-hi el repte de les conseqüències de la crisi econòmica, que té una relació directa amb les desigualtats en l'àmbit de la salut. Per fer front i garantir l'equitat de la sanitat cal prendre mesures al respecte, abordant aspectes socioeconòmics i educatius, assegurant l'accés a la salut a la ciutadania.

Per tal de fer front als reptes sectorials dels propers anys se'n deriven unes grans tendències tecnològiques del sector. Aquestes inclouen tant els tractaments personalitzats com aquelles mesures que s'han de prendre per evitar la saturació dels centres de salut, millorant la gestió als hospitals, però

també impulsant la tecnologia per poder controlar i monitoritzar l'estat de salut de forma descentralitzada, als centres de salut i a les llars. Les tendències són les següents:

Medicina personalitzada i integral

Teràpies individualitzades adaptades al pacient en el moment adequat al lloc adequat per proporcionar el tractament més eficaç per a cada persona. Tenir en compte les preferències i els valors de les persones per tal de poder-se adaptar a la seva realitat i a la del seu entorn.

Nutrició personalitzada

La personalització de la dieta sorgeix com una estratègia basada en l'ús d'informació individual per oferir productes i consells nutricionals finament personalitzats per tal de prevenir malalties relacionades amb l'estil de vida, com l'obesitat, la síndrome metabòlica i la diabetis tipus 2. Fomentar hàbits alimentaris diaris, nous productes de valor afegit que connecten els aliments i la salut.

Hospitals intel·ligents i assistència sanitària intel·ligent

Creació d'hospitals intel·ligents que proporcionin atenció al pacient de demà i permetin millorar la monitorització remota del pacient.

Aquestes tecnologies innovadores en atenció mèdica intel·ligent, milloren l'experiència hospitalària general, redueixen costos i milloren la seva transparència.

Dispositius mèdics i IoMT

L'IoMT (Internet of Medical Things) és una infraestructura connectada de dispositius mèdics, aplicacions de programari i sistemes i serveis sanitaris per millorar l'atenció mèdica. L'augment de l'IoMT es deu a un augment del nombre de dispositius mèdics connectats que són capaços de generar, recopilar, analitzar o transmetre dades o imatges sobre salut i connectar-se a xarxes de proveïdors de serveis sanitaris, transmetent dades a un dipòsit de núvol o a servidors interns. Les capacitats de l'IoMT són diagnòstics més precisos, menys errors i menors costos d'atenció.

Tecnologia domiciliar segura

En relació amb el creixement demogràfic una tendència és la tecnologia domiciliar intel·ligent i segura per a l'atenció centrada en el pacient. Ha d'incloure la telemedicina l'accés a la salut a les zones rurals i la correcta gestió de les emergències. El paper de la IA pot aportar beneficis en la teleavaluació, el telediagnòstic, interaccions a distància, i telemonitoratge. Aquest darrer, en gran mesura, gràcies a l'auge de l'Internet de les coses mèdiques (IoMT) que permetrà aportar dades dels pacients i situació.

El 88% dels proveïdors d'atenció inverteixen en solucions de control remot de pacients. Utilitzant les últimes tecnologies de sensors, les dades del pacient es poden recopilar en un entorn intel·ligent, per exemple per ancians i persones amb discapacitat que es poden examinar i registrar les seves dades de salut i informació en temps real.

Robòtica assistencial

Els robots d'assistència tenen el potencial de proporcionar suport per a una sèrie de tasques relacionades amb l'atenció, com l'assistència física i social, la fisioteràpia i la rehabilitació. Són eines clau per donar suport als professionals de la salut i la gestió diària a les infraestructures sanitàries.

Teràpies i processos basats en les dades (data-driven)

Les dades sanitàries proporcionen informació molt valuosa sobre malalties i tractaments. Amb aquesta informació i els algoritmes adequats es pot avançar en models de predicció per al diagnòstic precoç, eines de suport a les decisions per a professionals i proveïdors de serveis sanitaris, solucions per coordinar i optimitzar el tractament a través del continu d'atenció i aplicar les millors teràpies d'acord amb les trajectòries dels pacients.

3. Breu introducció a la Intel·ligència Artificial

3.1. Definició i principals conceptes de la IA

La IA és una disciplina tecnològica que s'enquadra en l'àmbit de les ciències de la computació i comparteix **tècniques i dominis de coneixement amb altres disciplines** com les matemàtiques, l'estadística o la neurociència. A causa de la creixent complexitat i la seva transversalitat, la IA esdevé cada vegada més interdisciplinària, amb sinergies amb la biologia, la filosofia, el món del dret i l'ètica, la psicologia, la sociologia i l'economia.

J. McCarthy, professor a Standford i reconegut com el pare de la Intel·ligència Artificial, el 1956 va definir la IA com "la ciència i enginyeria de fer màquines intel·ligents" i resulta dels treballs de l'escola d'estiu que ell mateix convocà al Dartmouth College per estudiar la conjectura que "tot aspecte de l'aprenentatge o qualsevol altra atribut de la intel·ligència es pot, en principi, descriure d'una forma tan precisa que una màquina ho podria simular"¹.

Posteriorment han sorgit altres definicions. Investigadors com S. Russel and P. Norvig defineixen la IA com "el disseny i construcció d'agents intel·ligents que reben percepcions de l'entorn i realitzen accions que afecten aquest entorn"². Altres com A. Kaplan i M. Haenlein proposen una definició alternativa 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"³. Finalment, La Comissió Europea, per la seva part, defineix la IA referint-se a "sistemes que mostren un comportament intel·ligent i amb capacitat de realització d'accions –amb un cert grau d'autonomia– per assolir objectius específics"⁴.

Malgrat aquestes, o altres definicions possibles, la naturalesa de la IA continua essent objecte de debat dins la comunitat científica. Una manera d'enfocar aquesta discussió és definint la IA en funció dels seus objectius, i) si l'objectiu és replicar el comportament o la biologia del cervell humà o ii) si l'objectiu és una racionalitat ideal i abstracta. Un altre punt important és considerar si l'objectiu de la IA consisteix en construir sistemes capaços de raonar o actuar. Per tant, aquesta aproximació en la definició de la IA es pot resumir com "**la disciplina que cerca desenvolupar o construir sistemes que raonin i es comportin com els humans o pensin i actuïn racionalment**"⁵.

¹ McCarthy, J., Minsky, M., Rochester, N., Shannon, C.E., A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, 1955.

² Stuart Russell and Peter Norvig. Artificial intelligence : a modern approach ISBN 0-13-103805-2 1, 1995

³ Kaplan, A., Haelnelin, M., Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. Business Horizons, Volume 62, Issue 1, Jan-Feb 2019, pg 15-25

⁴ A Definition of AI: Main Capabilities and Scientific Disciplines. High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. European Commission, 2018.

⁵ <https://plato.stanford.edu/entries/artificial-intelligence/>

La Intel·ligència Artificial ha esdevingut una tecnologia *mainstream* per la confluència de diversos elements que ho fan possible:

- *La disponibilitat de dades massives*

Provinents de la digitalització i de la sensorització, amb un creixement exponencial en la generació de noves dades, elements fonamentals per la construcció i millora de sistemes basats en IA.

- *Augment de la potència de càlcul i processament massiu*

L'increment significatiu de la potència de càlcul dels processadors, i particularment l'adopció de les tecnologies GPU (*Graphical Processing Unit*) és el fonament de l'aprenentatge profund (*Deep Learning*), una branca de la IA que està provocant salts disruptius en diversos camps d'aplicació.

- *La millora en els algorismes d'IA*

Evolució de programes d'anàlisi de dades basats en regles, estadístiques, regressions i sistemes experts al desenvolupament de diverses noves famílies algorítmiques basades en xarxes neuronals profundes amb un gran potencial d'aplicació.

- *La reducció del cost de la gestió de sistemes informàtics (processament i emmagatzematge) al núvol i la proliferació de serveis relacionats amb dades i IA.*

A mode d'exemple, el cost d'emmagatzematge per gigabyte ha passat de 500 mil dòlars el 1980 a menys de 2 cèntims el 2020).

L'àmbit d'actuació de la IA pot ser només del món virtual o pot tenir també incidència en el món físic. Si els sistemes de computació d'IA estan basats en programari la IA només serà virtual, com per exemple: assistents de veu, programari d'anàlisi d'imatges, sistemes de reconeixement de veu i discurs, cercadors, etc. Però els sistemes d'IA també poden trobar-se integrats dins d'algun tipus de dispositiu físic, dotant-lo de cert nivell d'intel·ligència i capacitat d'interacció amb l'entorn com és el cas de robots amb capacitats cognitives o drons i vehicles autònoms, entre altres.

En aquest sentit és important diferenciar entre automatització i IA, dos conceptes que es poden confondre fàcilment. En general totes dues permeten realitzar de forma automàtica tasques sense la intervenció humana. La diferència rau en què un sistema automàtic utilitza un programari que segueix unes regles i uns passos preprogramats, mentre que un sistema basat en IA és capaç de prendre decisions o realitzar accions per a les quals no ha estat programat específicament degut a la seva capacitat d'aprenentatge a partir de dades o patrons previs i el corresponent entrenament.

En altres paraules, un sistema automatitzat fa exactament allò per al que ha estat programat prèviament i res més, mentre que a un sistema d'IA no se li diu exactament i amb anterioritat què ha de fer, sinó que se li proporcionen les eines necessàries perquè, a partir d'un entrenament inicial, pugui prendre per si mateix la millor decisió en cada moment depenent de la situació en què es trobi.

3.2. Principals tecnologies d'IA per a la salut

A continuació es detallen algunes tecnologies (com l'aprenentatge automàtic o *Machine Learning* i l'aprenentatge profund o *Deep learning*) que s'engloben en el concepte genèric d'IA i s'avalua la seva aplicació en el sector de la salut (Figura 4).

▪ L'aprenentatge automàtic (*Machine Learning, ML*)

És la tècnica informàtica que permet que els sistemes d'IA aprenguin de forma automàtica i millorin a partir de l'experiència sense necessitat d'estar explícitament programats. El ML es classifica segons la tipologia d'algorismes en supervisats i no supervisats.

- Els **algorismes supervisats** es basen en deduir una funció capaç de predir el resultat corresponent a qualsevol valor d'entrada després d'haver-se exercitat amb una sèrie d'exemples d'entrenament (dades etiquetades). Els problemes característics que resolen els algorismes supervisats són els de regressió i classificació, i els mètodes per resoldre'ls són, per exemple, els de regressió lineal o xarxes neuronals pels de regressió, i mètodes com arbres de decisió o *support vector machines* (SVM) pels de classificació. Un tipus d'aprenentatge supervisat especial són els mètodes d'aprenentatge de reforç (*reinforcement learning*), on el propi model aprèn a l'examinar els resultats de cadascuna de les seves decisions. Quan el resultat és positiu es recompensa i quan el resultat és negatiu no s'obté recompensa o aquesta és negativa. D'aquesta manera el model s'adapta el seu comportament d'acord a les recompenses obtingudes i acumulades. És tracta de l'aprenentatge més semblant al realitzat per un ésser humà.
- En els **algorismes no supervisats** el procés d'entrenament es basa en un conjunt de dades sense etiquetes o classes prèviament definides. El model ha de descobrir l'estructura subjacent que serveixi per descobrir els patrons que descriuen l'estructura de les dades. Els algorismes de *clustering* pertanyen a aquesta família algorítmica, així com els mètodes d'inducció de regles d'associació¹.

▪ L'aprenentatge profund (*Deep Learning, DL*)

Es fonamenta en l'ús de xarxes neuronals artificials amb moltes capes ocultes que implementen processos progressius d'abstracció sobre les dades, aprenent atributs més i més generals a cada nivell. Els sistemes IA basats en DL poden no només aprendre conceptes, sinó també reconèixer contextos i entorns força complexos, com el reconeixement d'imatges i de la parla, entre altres.

¹ Which method to use? An assessment of data mining methods in Environmental Data Science
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364815218308715>

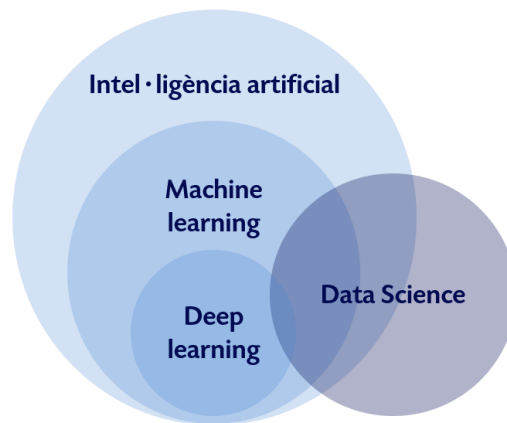


Figura 2. AI i ML, Font: IBM

La Figura 3 mostra les principals aplicacions del ML, reconeixement de patrons i automatització de processos robotitzats, i del DL, on s'hi integren les branques de processament de llenguatge natural, xarxes neuronals artificials i biometria. A continuació es presenta una breu descripció d'aquests elements i la seva aplicació al sector de la salut.

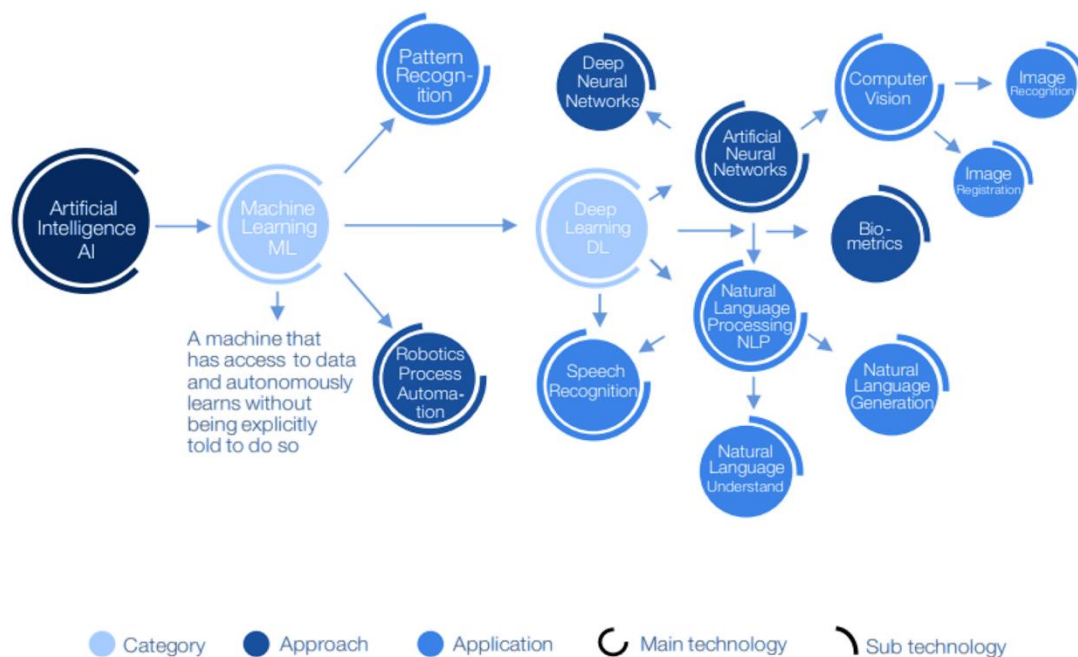


Figura 3. Categories i aplicacions del ML Font: Capgemini.

En l'àmbit mèdic, la IA demostra la seva eficiència per millorar les proves genètiques, la detecció precoç de càncer, malalties cardiovasculars, malalties mentals i neurodegeneratives, la millora de la recerca i el disseny de tractaments, la identificació de biomarcadors, la telemedicina i la cirurgia de precisió. En aquesta visió, l'ús de la IA al sector de la salut prioritza dos objectius principals: **millorar l'esperança de vida i el benestar, així com reduir els costos dels serveis d'atenció mèdica.**

3.2.1. Reconeixement de patrons

Una de les funcionalitats més rellevants del ML és el reconeixement automàtic de patrons com per exemple, la detecció primerenca de malalties a partir de l'anàlisi d'imatges mèdiques, el reconeixement d'una matrícula d'automòbil en una imatge o la detecció de patrons anòmals en les fluctuacions de l'estoc en una fàbrica o la detecció primerenca de malalties a partir de l'anàlisi d'imatges mèdiques.

El camp del reconeixement de patrons es refereix al **descobriment automàtic de regularitats en les dades** mitjançant l'ús d'algoritmes informàtics i amb l'ús d'aquestes regularitats per fer accions com **classificar les dades en diferents categories**. Aquesta classificació es basa en informació estadística, dades històriques o la memòria de la màquina. Per tant, els sistemes de reconeixement de patrons necessiten dades, ja siguin imatges fixes, vídeos, text alfanumèric, etc., provinents de la realitat a observar i captats a partir de sensors o dispositius. En general, les tècniques de reconeixement de patrons són útils per resoldre problemes de classificació, descobrir anomalies o predir esdeveniments, entre altres.

Hi ha tres tipus de models de reconeixement de patrons:

- *Reconeixement de patrons estadístics*

Es refereix a dades històriques estadístiques quan aprèn d'exemples: recull observacions, les processa i aprèn a generalitzar i aplicar aquestes regles a noves observacions.

- *Reconeixement de patrons sintàctics,*

També reconeixement de patrons estructurals, es basa en subpatrons més senzills anomenats primitius (per exemple, paraules). El patró es descriu en termes de connexions entre els primitius, per exemple, les paraules formen frases i textos.

- *Reconeixement de patrons neuronals*

Utilitzen xarxes neuronals artificials que poden aprendre relacions d'entrada-sortida no lineals complexes i adaptar-se a les dades.

Els avenços sense precedents en la recopilació automatitzada de dades moleculars i clíniques a gran escala plantegen importants reptes per a l'anàlisi i la interpretació de dades, cosa que exigeix el desenvolupament de nous enfocaments computacionals basats en IA. Els sistemes de IA basats en reconeixement de patrons són fonamentals per a l'anàlisi del Big Data biomèdic, com ara registres de salut electrònics, imatges mèdiques i senyals de dispositius de monitorització continu de paràmetres fisiològics.

Exemples de reconeixement de patrons inclouen la detecció automàtica d'informació de context és el projecte pel reconeixement de stent coronari intraluminal, que és un tub de malla metàl·lica desplegat en una artèria estenòtica per evitar l'estrenyiment del vas després d'un angioplàstia amb pilota, d'imatges d'ultrasò intravascular¹, i un algoritme de reconeixement de patrons d'oclusió d'un gran vas

¹ Learning to Detect Stent Struts in Intravascular Ultrasound. SpringerLink
https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-38628-2_68

sense necessitat de dur a terme una Tomografia Axial Computeritzada (TAC) amb contrast desenvolupat per l'Hospital Universitari Vall d'Hebron¹.

3.2.1. Automatització Robotitzada de Processos

L'Automatització Robotitzada de Processos (Robotic Process Automation, RPA) és la tecnologia que facilita la construcció, desplegament i gestió de robots de programari que emulen les accions dels humans en la seva interacció amb les interfícies d'usuari dels sistemes i programes digitals. Igual que els usuaris humans, els robots de SW poden fer accions com entendre el que apareix en pantalla, completar les pulsacions de teclat adequades, navegar pels sistemes, identificar i extreure dades, interacció textual amb clients o usuaris mitjançant xatbots, etc., de forma més ràpida i lliure d'errors.

Al sector de salut s'empra per a tasques repetitives com ara autorització prèvia, actualització de registres de pacients o facturació. Quan es combinen amb altres tecnologies com el reconeixement d'imatges, es poden utilitzar per extreure dades de, per exemple, imatges per fax per introduir-les en sistemes administratius dels centres de salut.

3.2.1. Xarxes Neuronals Artificials

Les Xarxes Neuronals Artificials (Artificial Neural Networks, ANN) són sistemes informàtics que s'inspiren en les xarxes neuronals biològiques dels cervells. La xarxa neuronal artificial es dissenya mitjançant la programació d'ordinadors perquè es comportin com cèl·lules cerebrals interconnectades. Es basa en una col·lecció de nodes (neurones artificials) interconnectats.

Cada connexió, com les sinapsis d'una neurona biològica, pot transmetre un senyal a altres neurones. Una neurona artificial que rep un senyal el processa i el resultat el transmet a les neurones que hi estan connectades. El senyal és en realitat un nombre real, i la sortida de cada neurona es calcula a partir d'una funció de la suma de les seves entrades². Una xarxa neuronal profunda (Deep Neural Network, DNN) és una xarxa neuronal artificial amb diverses capes entre les capes d'entrada i sortida. Hi ha diferents tipus de xarxes neuronals, però sempre consten dels mateixos components: nodes, connexions i funcions.

La utilització de les xarxes neuronals profundes **ha suposat un salt qualitatiu en el camp de la visió per computador** en funcions com la detecció i reconeixement d'objectes en una imatge o com delimitar una regió de la imatge en un procés de segmentació.

L'augment d'interès en aplicacions de xarxes neuronals profundes al domini de la salut en els darrers anys es demostra amb la gran quantitat de publicacions en àrees com la bioinformàtica, la imatge mèdica, la detecció generalitzada, la informàtica mèdica i la salut pública. Moltes d'aquestes aportacions provenen d'investigadors que treballen a Catalunya, com en el cas d'aplicacions i

¹ Deep Learning Based Software to Identify Large Vessel Occlusion on Noncontrast Computed Tomography. AHA Journals <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/STROKEAHA.120.030326>

² Krizhevsky, Alex; Sutskever, Ilya; Hinton, Geoffrey E. (2017-05-24). "ImageNet classification with deep convolutional neural networks" (PDF). Communications of the ACM. 60 (6): 84–90. doi:10.1145/3065386. ISSN 0001-0782. S2CID 195908774

avaluacions de xarxes neuronals profundes per a les retinopaties per la Universitat Rovira i Virgili¹ i el BSC².

Entre les moltes variants de xarxes neuronals profundes, algunes arquitectures destaquen en popularitat, en particular les xarxes neuronals convolucionals (Convolutional neural networks, CNN), les xarxes neuronals recurrents (Recurrent neural networks, RNNs), que són capaces d'analitzar fluxos de dades, i los codificadors automàtics (Autoencoders, AEs), dissenyats per a l'extracció de característiques i la reducció de la dimensionalitat.

Els darrers avenços en unitats de processament de gràfics (GPUs) i la computació d'altres prestacions (High performance computing, HPC) han tingut un impacte significatiu en la captació pràctica i l'acceleració de l'aprenentatge profund en aquest camp.

3.2.1. Processament de Llenguatge Natural (PLN)

El Processament de Llenguatge Natural, PLN, (també Natural Language Processing, NLP) és una branca de la IA que té l'objectiu de dotar les màquines de la capacitat de **comprendre i/o generar llenguatge humà**, és a dir que aquestes puguin llegir, entendre, desxifrar i generar llenguatge humà. Exemples d'aquestes funcionalitats són els xatbots en línia, traductors automàtics de text, assistents de veu així com les eines que analitzen el sentiment o opinió expressada per un text determinat.

El PNL es pot classificar en tres grups d'acord amb la funcionalitat perseguida i) comprensió del llenguatge natural (Natural Language Understanding, NLU), generació del llenguatge natural (Natural Language Generation, NLG) i reconeixement de la parla (speech recognition).

La **comprensió de llenguatge natural** es centra en la comprensió automàtica de la lectura, és a dir aconseguir que l'ordinador entengui el significat d'un text. És el pas necessari per a poder automatitzar processos, com ara categorització d'un text, recollir notícies, arxivar peces de text individuals i, a una escala més gran, analitzar contingut. La generació d'ordres breus basades en la comprensió d'un text, identificar receptors d'un correu electrònic a partir d'una sintaxi i lèxics bàsics, o la comprensió d'articles de notícies o matisos de significat dins d'una peça literària són exemples d'NLU.

La **generació del llenguatge natural** és la branca del PNL que cerca dotar els ordinadors de la capacitat de generar llenguatge humà en forma de text escrit.

Finalment el **reconeixement de veu** és una tecnologia que permet a una màquina o programa identificar i entendre paraules o frases del llenguatge parlat i convertir-les en format llegible per la màquina.

¹ A deep learning interpretable classifier for diabetic retinopathy disease grading. Science Direct.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925231219304539>

² Artificial Intelligence to Identify Retinal Fundus Images, Quality Validation, Laterality Evaluation, Macular Degeneration, and Suspected Glaucoma. PMC. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7025650/>

La major part de les investigacions biomèdiques de processament del llenguatge natural (PLN) s'estan realitzant en documents en anglès. No obstant això, hi ha una necessitat urgent de millorar l'accés a la informació continguda en documents relacionats amb la salut i la biomedicina que estan íntegrament redactats en llengua espanyola o llengües cooficials, no només per part dels usuaris metges professionals, sinó també per part de investigadors, i prenedors de decisions de salut pública.

El Pla d'Impuls de les Tecnologies del Llenguatge (Pla TL¹) té com a objectiu fomentar el desenvolupament del processament de llenguatge natural, la traducció automàtica i els sistemes conversacionals en llengua espanyola i llengües cooficials. Les activitats de el Pla TL en àmbit de Sanitat inclouen el desenvolupament d'eines (etiquetadors morfosintàctics, programari per a abreviatures mèdiques espanyoles, detectors de negació en textos clínics) i infraestructures lingüístiques (corpora de casos clínics en espanyol, bases de dades, glossaris). Exemples d'estudis i resultats de el Pla TL inclouen l'avaluació dels components de UMLS² (Unified Medical Language System) disponibles en llengua espanyola i llengües cooficials, i la implementació del recurs MeSpEN³ per a traducció automàtica entre anglès i espanyol en el domini mèdic.

Com a part de la iniciativa BioASQ⁴, una acció de suport finançada per la UE, l'Oficina Tècnica de Sanitat de el Pla TL ha organitzat MESINESP, la primera tasca sobre indexació semàntica de textos metges en espanyol⁵ (en col·laboració amb el BSC). Aquesta entitat demostra una dilatada experiència en reconeixement d'entitats (NER per la seva sigla anglès) biomèdiques en llengua espanyola i llengües cooficials, com mencions a fàrmacs, malalties, símptomes i procediments mèdics de registres mèdics. Per exemple, Cantemist (càncer text mining SharedTask) és el primer esforç comunitari per avaluar i promoure el desenvolupament de recursos per al reconeixement d'entitats, la normalització de conceptes i la codificació clínica en dades de càncer en espanyol⁶.

3.2.2. Biometria

La biometria és el conjunt de característiques físiques, mesures biològiques o trets particulars d'un individu que poden usar-se per a identificar-lo digitalment i permetre concedir accés a sistemes informàtics o dispositius. Exemples d'aquests identificadors biomètrics són les empremtes digitals, els patrons facials, la veu, l'iris o la cadència d'escriptura.

¹ Plan de impulso de las Tecnologías del Lenguaje. <https://plantl.mineco.gob.es/>

² Sistema de lenguaje médico unificado UMLS. Plan de Impulso de las tecnologías del Lenguaje. <https://plantl.mineco.gob.es/tecnologias-lenguaje/actividades/estudios/Paginas/sistema-lenguaje-medico-unificado.aspx>

³ The MeSpEN Resource for English-Spanish Medical Machine Translation and Terminologies: Census of Parallel Corpora, Glossaries and Term Translations http://lrec-conf.org/workshops/lrec2018/W3/pdf/8_W3.pdf

⁴ A challenge on large-scale biomedical semantic indexing and question answering <http://www.bioasq.org/>

⁵ Overview of BioASQ 2020: The Eighth BioASQ Challenge on Large-Scale Biomedical Semantic Indexing and Question Answering SpringerLink. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-58219-7_16

⁶ Named Entity Recognition, Concept Normalization and Clinical Coding: Overview of the Cantemist Track for Cancer Text Mining in Spanish, Corpus, Guidelines, Methods and Results http://ceur-ws.org/Vol-2664/cantemist_overview.pdf

La biometria ha pres un pes importat sobretot en el context de pandèmia engegat a principis de 2020, on es va fer crucial la distància entre les persones i minimitzar l'intercanvi de documents per evitar contagis. Poder disposar doncs d'eines biomètriques que permetin identificar tant als pacients com als professionals de la salut sense cap contacte físic té un gran valor afegit.

A més, la biometria pot ajudar en casos de vida o mort, on els pacients poden arribar als centres mèdic en situacions de inconsciència. Poder disposar d'una eina de reconeixement biomètric pot permetre l'accés immediat a dades del seu historial mèdic i de contacte.

Altres usos de la biometria poden anar més enllà i ajudar a captar infermetats psicològiques no tan evidents a primer cop d'ull com poden ser l'estrès o la depressió¹.



¹ How Facial Recognition Software Is Revolutionizing Hospital Security, Care, Human Resource
<https://www.healthcareittoday.com/2019/08/29/how-facial-recognition-software-is-revolutionizing-hospital-security-care-human-resources/>

4. La IA com a factor de transformació de la Salut

4.1. Oportunitats de la IA en el sector de la Salut

Hi ha poques àrees de coneixement en què la IA s'hagi investigat tan intensivament com en salut i medicina. Models de totes les àrees de la IA han estat aplicats durant dècades a pràcticament tots els problemes imaginables de l'àmbit, des de la recerca biomèdica bàsica a l'epidemiologia i la farmacologia.

Gràcies als avenços tecnològics actuals per la recollida i l'anàlisi massiu de dades, la IA té oportunitats i impacte en totes les àrees de la salut, des de el suport al diagnòstic, a ajudar a la planificació i guiat de les intervencions, augmentar les possibilitats del monitoratge i sistemes de suport, i finalment també actuar sobre processos de gestió hospitalària i logística dels centres de salut.

4.1.1. Suport al diagnòstic

Una de les àrees més desenvolupades (al menys en quant a recerca) són mètodes de IA per l'anàlisi i processament d'imatges (com ara radiografies o imatges histològiques) i escàners mèdics 3D (com TAC, MRI, PET o SPECT). Amb l'objectiu clínic final de desenvolupar eines que permetin un millor diagnòstic, els mètodes inclouen, entre d'altres, detecció de lesions, segmentació d'òrgans, identificació del tipus de lesió i/o malaltia que té el pacient, predicció de l'efectivitat d'un determinat tractament i predicció de l'evolució de la malaltia. La detecció de lesions consisteix a delimitar les regions quadrades que inclouen la lesió a diagnosticar, la segmentació identifica els contorns de lesions i òrgans principals a analitzar i la identificació de la patologia bé classifica el tipus de teixit segons patologies, bé, dona el diagnòstic clínic de cada pacient, o bé, prediu la progressió o el resultat d'un tractament. Tots aquests mètodes podrien tenir impacte en diverses àrees clíniques.

En l'àmbit de la **medicina de precisió o personalitzada** aquests mètodes podrien tenir impacte en l'àmbit de la **radiòmica**. La radiòmica¹ és una disciplina recent que utilitza sofisticades eines d'anàlisi d'imatges i aprenentatge automàtic per obtenir característiques quantitatives basades en imatges (conegudes com signatures) que es correlacionen amb el diagnòstic final del pacient, la progressió de la malaltia i/o el resultat del tractament. Els mètodes clàssics de radiòmica² extrauen mesures morfològiques i fisiològiques a partir d'una segmentació de la lesió delineada usualment per un

¹ P Lambin, et al, Radiomics: the bridge between medical imaging and personalized medicine, Nature Reviews,12, 749-53, 2017

² J.J.M. van Griethuysen, et al. Computational Radiomics System to Decode the Radiographic Phenotype. Cancer Research, 77(21), e104–e107, 2017

radiòleg expert amb el suport d'algun programa d'edició d'imatges (com per exemple ImageJ o 3DSlicer). Aquesta identificació manual de les lesions, no sols consumeix un temps considerable si no que moltes mesures morfològiques calculades a partir de contorns segmentats són sensibles als errors en la posició dels contorns que poden ser substancials en cas d'anotacions manuals.

Els mètodes computacionals de IA podrien contribuir a la radiòmica en diferents aspectes. Per una banda, podrien extraure els contorns de manera automàtica per al càlcul de les mesures morfològiques. Tanmateix, tot i que l'extracció computacional de contorns anatòmics podria mitigar els errors de posicionament, a la pràctica els mètodes de IA requereixen que es defineixin anotacions manuals. Per tant, també es podrien veure afectats negativament pels errors en els contorns manuals i, en concret, per la seva variabilitat entre els observadors. Una alternativa a les mesures morfo-funcionals basades en la segmentació és calcular-les directament a partir de la intensitat d'escaneig en una regió d'interès que contingui l'anatomia objectiu. Mètodes clàssics de IA basats en textura¹ permeten calcular tant descriptors de forma morfològica com paràmetres de funcionalitat a partir de la identificació d'una regió que contingui la lesió.

Si es disposessin de prou dades, es podrien usar algorismes d'aprenentatge profund (deep learning, DL, en anglès) per calcular aquestes mesures morfo-funcionals directament de tota la imatge i fins i tot donar mesures alternatives que tinguessin una major correlació amb la patologia que es vol diagnosticar. Aquestes mesures alternatives podrien ser fàcilment interpretables clínicament usant tècniques estadístiques per correlacionar-les amb mesures morfològiques juntament amb mètodes de **visualització interactiva de dades massives** combinades amb realitat augmentada per la presentació de resultats.

Les tècniques radiòmiques de IA també podrien identificar de manera precoç patologies com el càncer a partir de l'anàlisi de dades multimodals adquirides amb diferents escàners i així contribuir en **programes de cribatge** que se sap redueixen la incidència d'aquestes patologies. D'altra banda, el desenvolupament de diversos mètodes d'intel·ligència artificial per a la combinació de heterogènies podrien combinar dades radiòmiques multimodals amb dades clíniques i poblacionals per millorar el diagnòstic precoç i la detecció de patologies, així com predir el tractament més adequat. L'anàlisi d'aquestes dades multi-òmiques pot proporcionar als clínics informació pronòstica sobre el comportament dels tumors o malalties per infecció, determinar el grup de risc del pacient i predir com respondran al tractament.

En patologia, el ràpid avenç de la tecnologia ha permès el desenvolupament de la **patologia digital** (PD). PD engloba el procés de digitalització de les diapositives histopatològiques mitjançant escàners de diapositives senceres, així com la seva anàlisi computacional. Imatges de diapositiva sencera (WSI) serveix com a plataforma per a l'aplicació de la IA en DP, permetent múltiples anàlisis d'imatges per segmentació d'imatges i reconeixement d'algorismes d'aprenentatge profund (DL). Aquests algorismes podrien servir per descartar patologies i accelerar la biopsia. Actualment, les biopsies inclouen múltiples anàlisis dels tipus de teixit per poder diagnosticar amb precisió. Cada anàlisi requereix

¹ N. Dalal, B. Triggs. Histograms of oriented gradients for human detection, CVPR 2005

i T. Ojala, et al. A Comparative Study of Texture Measures with Classification Based on Feature Distributions, PR, 29: 51-59, 1996

l'extracció d'una petita secció del teixit a biopsiar, la seva tinció per detectar patrons cel·lulars específics i l'anàlisi visual final al microscopi de la mostra tintada. LA IA i el DL permetrien un primer cribatge dels teixits sense necessitat de fer proves de laboratori, juntament amb una selecció de les proves de laboratori que s'haurien de fer per acabar de determinar la patologia d'entre el conjunt seleccionat per PD. A més, de manera similar al cribatge radiomic, la PD usant IA i DL podria predir la probabilitat de que una lesió neoplàstica esdevingués un càncer en un futur. Això permetria una programació més eficient dels seguiments d'aquests pacients.

Un altre àmbit en que la IA podria tenir un impacte seria la **detecció de malalties rares i/o emergents** (com ara la Covid-19). Tenir una societat saludable és sense dubte un indicador d'èxit de país, no només per l'impacte que té en el benestar de la població sinó en termes d'estalvi en el sistema de salut. Així doncs el principal repte és la prevenció de malalties i per això és imprescindible que la població sigui coneixedora de la importància dels pilars de la vida saludable explicats anteriorment: l'activitat física i l'esport, la nutrició, la qualitat de la son i l'estat psicològic i activitat social. Tenir una societat educada i amb facilitats per poder dur a terme una vida saludable és imprescindible per poder prevenir moltes malalties.

A més, el sistema de salut ha de disposar de mecanismes eficients que permetin detectar les malalties prèviament a que es desenvolupin o en una edat molt avançada per així assegurar que es poden tractar i minimitzar el seu impacte en la salut dels pacients. Aquests mecanismes han de minimitzar els falsos positius i els falsos negatius de forma que la detecció precoç sigui lo més encertada possible.

Tècniques de detecció de valors aberrants en classificadors combinades amb mètodes no supervisats i topològics d'exploració de l'estructura d'espais de característiques permetrien la detecció de grups de pacients amb mutacions específiques. Això té un impacte directe en la detecció precoç de variacions en el fenotip d'imatge tumoral alterant la resposta de tractaments personalitzats contra el càncer. Donat que aquests mètodes de IA són capaços (al contrari que els tradicionals o DL) de donar uns primers resultats sense disposar d'un gran numero de casos, també tindrien un impacte en determinar factors de risc en malalties poc conegudes, com ara la Covid-19 o malalties rares.

Finalment, un aspecte a tenir present és que els tots els mètodes actuals de IA es poden desplegar en una arquitectura client-servidor com un **Diagnostic as a Service (DaaS)**. Un DaaS és un model de computació en el núvol en el qual un proveïdor allotja l'aplicació en un servidor que els clients utilitzen a través d'Internet. Aquest servidor pot ser un servei al núvol comercial (com ara Azure) o bé un servidor de càlcul (CPU, GPU o FPGA) allotjat dins de les instal·lacions hospitalàries o al servei català de salut. Atès que DaaS no requereix instal·lar aplicacions en els ordinadors propis dels clients, permet l'ús per part de múltiples usuaris de programari altament especialitzat (implementat en diferents idiomes, com passa en la recerca) sense despeses addicionals per adquisició de maquinari o llicències. Un DaaS adaptat a les necessitats clíniques no només alleujaria els costos de llicències, sinó que també facilitaria un accés fàcil i ràpid als prototips existents dels mètodes de IA.

Quan la intervenció de personal mèdic és necessària per a la diagnosi, és important maximitzar la precisió per així augmentar les probabilitats de cura del pacient, disminuir la necessitat de realització de proves addicionals i en conseqüència disminuir la congestió del sistema i minimitzar la despesa en tot el procés. La IA està servint com un aliat per minimitzar els errors en la diagnosi. Sobretot, en aquells camps de la salut que per naturalesa criden al reconeixement de certs patrons (la radiologia i la

dermatologia en són exemples). En cap cas però, la IA fa la diagnosi definitiva sinó que aquesta serveix com a suport al professional mèdic per fer més eficient el procés de diagnosi.

4.1.2. Planificació i guiat d'intervencions

Una de les principals limitacions dels procediments intervencionistes mèdics és la impossibilitat d'obtenir mesures 3D precises o la localització del teixit lesionat que pot conduir a la repetició d'algunes intervencions amb un cost addicional per al sistema sanitari, així com l'augment de l'estrès en els pacients. El sistema clínic necessita de sistemes capaços de proporcionar mesures 3D, posicionament 3D i eines objectives de caracterització de teixits durant la intervenció. Aquesta àrea d'investigació té com a objectiu desenvolupar eines per l'extracció i registre personalitzat de dades fisiològiques a partir del **processat de diferents modalitats d'imatge mèdica** per construir millors sistemes de planificació i guiat de les intervencions.

D'una banda, la planificació de les intervencions, els mètodes de IA inclouen, entre d'altres, detecció de lesions, segmentació d'òrgans i codificació de l'anatomia. Aquests sistemes tenen un gran impacte en la **medicina personalitzada** a partir del modelat de l'anatomia de cada pacient. A partir de la combinació dels resultats dels mètodes IA i les tecnologies de videojocs es pot crear un entorn de simulació de les intervencions. El planificador permet als clínics navegar per les dades d'escàners, obtenir una reconstrucció en 3D de l'anatomia i planificar la millor alternativa per arribar a la lesió així com la instrumentació a utilitzar durant l'operació real. Això és possible gràcies que aquest entorn virtual proporciona diferents eines de visualització i permeten simular la ruta de navegació a través de l'òrgan a intervenir, així com, simular les restriccions de característiques mecànico-físiques dels instruments a utilitzar dins de l'anatomia de cada pacient.

D'altra banda, el guiat a les intervencions, que incorpora tots els mètodes explicats en l'àrea del suport al diagnòstic. Un guiat precís té un alt impacte en la **medicina de precisió** per al diagnòstic precoç de lesions. En aquest sentit la IA té un rol essencial en l'estudi de la millor manera de donar les instruccions, registre o correspondència entre real i virtual, així com, el diagnòstic de lesions en viu.

En el cas d'intervencions en les quals no es necessita seguir una ruta per arribar a la lesió, la IA intervé, junt amb la realitat augmentada (RA), a partir de presentació de mesures quantitatives en mida, forma o distàncies de les estructures anatòmiques sobre les imatges reals i en temps d'intervenció. En el cas d'intervencions endoscòpiques (broncoscòpia, colonoscòpia, gastroscòpia, entre d'altres) a més dels mètodes de RA el guiat incorpora un conjunt d'instruccions a seguir per arribar a la lesió gràcies a la correspondència entre el que es visualitza i la codificació de l'estructura anatòmica.

Un punt clau en la correspondència entre la simulació i la intervenció són els mètodes IA de **registre entre dades radiològiques i l'exploració real**. En el cas d'intervencions endoscòpiques, l'objectiu del registre és el de determinar la posició i rotació reals de l'endoscopi dins la simulació. En aquest sentit, la IA contribueix en mètodes de processat d'imatges per la detecció de punts característics anatòmics¹

¹ Re-Identification and growth detection of pulmonary nodules without image registration using 3D siamese neural networks <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361841520301870>

per al posterior registre a partir de tècniques SLAM o DL utilitzant una única modalitat, la imatge. Donada la dificultat de trobar punts característics dins l'anatomia humana, sistemes híbrids emergents incorporen, a més de la imatge, sensòrica (acceleròmetre, gisroscop, magnetòmetre) que pot ser introduïda pel mateix canal de treball dels endoscopis. La IA té impacte en com fusionar de la forma més òptima aquesta informació bimodal i tenir mètodes més precisos en determinar la posició i orientació dels instruments i així poder guiar les biòpsies.

L'últim pas del guiat a la intervenció en el que la IA té un alt impacte és en el **diagnòstic en viu** de la lesió sense la necessitat de fer una biòpsia. Mètodes basats en llum estructurada poden ser de gran utilitat per acabar de guiar biòpsies a partir del cribratge de teixits d'interès i d'aquesta manera assegurar que és el teixit que es vol biòpsiar o fins hi tot fer un diagnòstic en viu per imatge. Disposar d'un diagnòstic en viu tindria un impacte directe en la disminució de proves en els laboratoris. En aquest sentit, la IA contribueix en el diagnòstic a partir de l'imatge de confocal. L'endomicroscòpia làser confocal (CLE) és una tècnica d'imatge emergent que permet l'adquisició en viu de patrons cel·lulars de lesions potencialment malignes. Aquests patrons, després de ser analitzats amb IA, poden discriminar entre ells dins lesions amomatorials i neoplàstiques i, per tant, poden servir com a primera biòpsia per descartar casos que en realitat no requereixen una biòpsia cel·lular.

Finalment, un aspecte a tenir present és que els tots els mètodes actuals de IA poden realitzar els seus càlculs en xips digitals, FPGAs (matrius de portes lògiques programables in situ), permeten així el càlcul en temps real dins de quiròfan. A més, aquests càlculs poden ser controlats a partir de tecnologies HCI (Human computer interaction) i d'aquesta manera no alterar els protocols d'intervenció ni haver de necessitar de personal mèdic o tècnic extra.

4.1.3. Tractament personalitzat

Un dels grans reptes de la salut és poder tractar a cada pacient de forma individualitzada tenint en compte les seves circumstàncies, historial mèdic i estat de salut. Els tractaments per a certes malalties i patologies tenen diferents graus d'eficàcia en cada pacient i la medicina ha de poder establir el millor tractament minimitzant el procés de prova i error que, entre altres efectes, pot generar resistència al medicament.

4.1.4. Monitorització i sistemes de suport

La relació entre el pacient i el professional de la salut en cas de malaltia sol ser constatat durant el període de tractament però el contacte disminueix quan el pacient ja és donat d'alta. Això en molts casos pot provocar recaigudes en la malaltia que podrien haver estat evitades amb un seguiment de l'estat de salut a posteriori. L'objectiu és que aquest seguiment es pugui fer d'una forma continuada però sense que suposi un col·lapse del sistema de salut. És aquí on la IA pot per exemple aportar solucions que permetin monitoritzar aquells paràmetres clau que ajudin tant al pacient com al professional de la salut a saber si hi ha probabilitats de recaiguda.

Amb una societat cada cop més educada i amb accés a internet, els usuaris del sistema de salut requereixen d'un seguiment del seu estat de salut més autònom, immediat i segur. Si ens posem en el cas d'una persona que ha patit o està patint una malaltia, el sistema de salut ha de poder permetre que la persona pugui de forma independent monitoritzar el seu estat de salut sense dependre totalment de l'atenció directa i física d'un professional de la salut, d'aquesta manera evita la sobrecàrrega dels centres de salut i pels usuaris desplaçaments.

4.1.5. Logística i gestió hospitalària

Els temps d'espera dels pacients del sistema de salut són molts cops massa llargs en comparació a la urgència que suposen. Les causes d'aquesta prolongació en el temps són diverses (ex. falta de recursos, ineficiències en la gestió, falta de prevenció i detecció precoç de malalties). En general, des de la perspectiva del pacient, aquest temps d'espera es viu amb angoixa i desinformació i des de la perspectiva dels òrgans administratius, comptar amb llargues llistes d'espera denota una mala gestió dels recursos.

La necessitat de respostes ràpides per part d'una població cada cop més educada i amb l'accés a internet actual fa que cada cop més les persones optin per fer cerques a la xarxa del significat de certs símptomes.

La situació d'emergència sanitària engegada al març de 2020 a conseqüència de la pandèmia pel Covid-19, ha posat en evidència la necessitat de disposar d'un sistema de salut que permeti anticipar situacions de gran demanda assistencial a més de reforçar les cadenes d'aprovisionament de material mèdic per evitar l'escassetat en moments pic.



5. Anàlisi de la IA en el sector Salut a Catalunya

Per fer aquesta anàlisi es parteix d'una revisió sobre l'ecosistema global de la IA a Catalunya identificant-ne a continuació les principals fortaleeses. Per a il·lustrar aquestes capacitats s'identifiquen un conjunt d'iniciatives i projectes que presenten una clara intersecció entre la IA i la salut.

S'enumeren també les principals barreres que dificulten una major adopció de la IA en el sector de la salut i finalment es proposa un conjunt de recomanacions per superar les dificultats d'adopció. Aquests darrers punts, la identificació de barreres i la proposta de recomanacions, han estat especialment treballats amb els participants del Think Tank, mitjançant les entrevistes individuals i les sessions de discussió conjuntes.

5.1. La IA a Catalunya

L'informe La intel·ligència artificial a Catalunya¹ identifica l'ecosistema de companyies, universitats, centres de recerca i innovació i institucions que conformen el sector de la IA a Catalunya (dades de 2019). Segons l'estudi, un total de 179 empreses, la majoria de les quals són PIMEs i start-ups (63%), desenvolupen la seva activitat al voltant de les tecnologies d'IA, amb una facturació de 1.336 milions d'euros anuals i ocupen un total de 8.483 professionals².

La Figura 16 i la Taula 1 presenten un breu mapeig i quantificació de les empreses catalanes en l'àmbit de la IA al llarg del segment de la cadena de valor:



Figura 4. Visió esquemàtica de l'ecosistema de la IA a Catalunya

¹ La intel·ligència Artificial a Catalunya, ACCIO i Secretaria de Polítiques Digitals, juny 2019.

² Informe L'estratègia d'intel·ligència artificial a Catalunya. Juny 2019. Catalonia.AI. Generalitat de Catalunya Departament de Polítiques Digitals i Administració Pública Secretaria de Polítiques Digitals.

Segment cadena valor	Nombre d'empreses	Facturació dedicada a IA	Nombre de treballadors
Desenvolupadores d'algoritmes	19	492.3 M€	2.628
Consultories	19	432.6 M€	3.571
Desenvolupadores de software	134	430,9 M€	2.268
Proveïdors de serveis	7	2,3 M€	16
Total	179	1.358 M€	8.483

Taula 1. Xifres rellevants de l'ecosistema de la IA a Catalunya.

A part de les empreses del sector, a Catalunya hi destaca l'ecosistema de coneixement, generació de talent i el desenvolupament tecnològic amb les universitats, els centres tecnològics i de recerca, i la comunitat científica. A més a més, la fortalesa del sector TIC català, amb un ecosistema digital d'emprenedoria, capacitat d'atracció d'inversions en tecnologia i generació d'un sector emergent de la intel·ligència artificial fan del país un pol d'innovació digital capdavanter a nivell d'Europa. Això propicia que empreses rellevants i iniciatives rellevants de caràcter europeu, com l'EIT Health estiguin seleccionant Catalunya com a seu pels seus projectes.

5.2. Maduresa i adopció a Catalunya

La demanda per part del sistema de salut a Catalunya es pot considerar alta. No només per la demanda explícita de sistemes que comptin amb solucions basades amb IA sinó per un seguit de fets clau que evidencien que el sistema de salut no podrà ser mai eficient si només compta amb la força del personal humà. La situació de crisi sanitària iniciada al març del 2020 ha posat en evidència que el sistema de salut pot arribar a ser molt fràgil en situacions d'emergència i que tot el pes d'aquests esdeveniments ha de ser carregat pel personal sanitari. A més, el fet de no comptar amb tecnologies que permetin un monitoratge dels pacients i el seu estat de salut previ, durant i després de l'ingrés al sistema de salut fa que sigui impossible comptar amb dades de risc i evolució epidemiològica.

El nivell de digitalització de sistema de salut català ha incrementat molt durant les darreres dos dècades. L'adopció de sistemes d'informació per la recollida i compartició de dades clíniques entre els professionals i amb els usuaris del sistema han generat un gran volum de dades.

Sistemes com el Sistema Integrat de Receita Electrònica (SIRE) han permès que la compartició de les prescripcions mèdiques amb els pacients siguin molt més àgils. A més, l'enregistrament de les prescripcions permet la detecció de possible incompatibilitats de medicaments prescrits i millora la coordinació entre metges i farmacèutics. La Història Clínica Compartida a Catalunya (HC3) ha permès que els professionals de la salut puguin accedir a l'història mèdic dels pacients independentment del centre de salut al que acudeixin. A més, l'aglutinament de dades de l'HC3, dona peu a la parametrització de dades per la detecció precoç de malalties i la medicina personalitzada entre d'altres. A dia d'avui, la maduresa semàntica de l'HC3 és del 70% escrutat.

Una altra eina que a suposat un gran avenç la digitalització del sistema de salut català ha estat La Meva Salut (LMS) que ha permès que la ciutadania tingui accés al seu historial clínic d'una forma totalment autònoma i des de casa seva, poder comunicar-se amb les professionals de la salut per resoldre dubtes, poder demanar visita, gestionar canvis e visita i agendar vacunes. Durant l'any 2020, l'ús de LMS ha crescut exponencialment passant de 308 mil usuaris a finals de 2018 fins a 2292 mil usuaris al gener del 2021. El fet que la població estiu adoptant LMS com una eina quotidiana per a relacionar-se amb el sistema de salut en una gran oportunitat per fomentar solucions de medicina personalitzada i d'empoderament de la ciutadania en la prevenció, cura i seguiment del seu esta de salut.

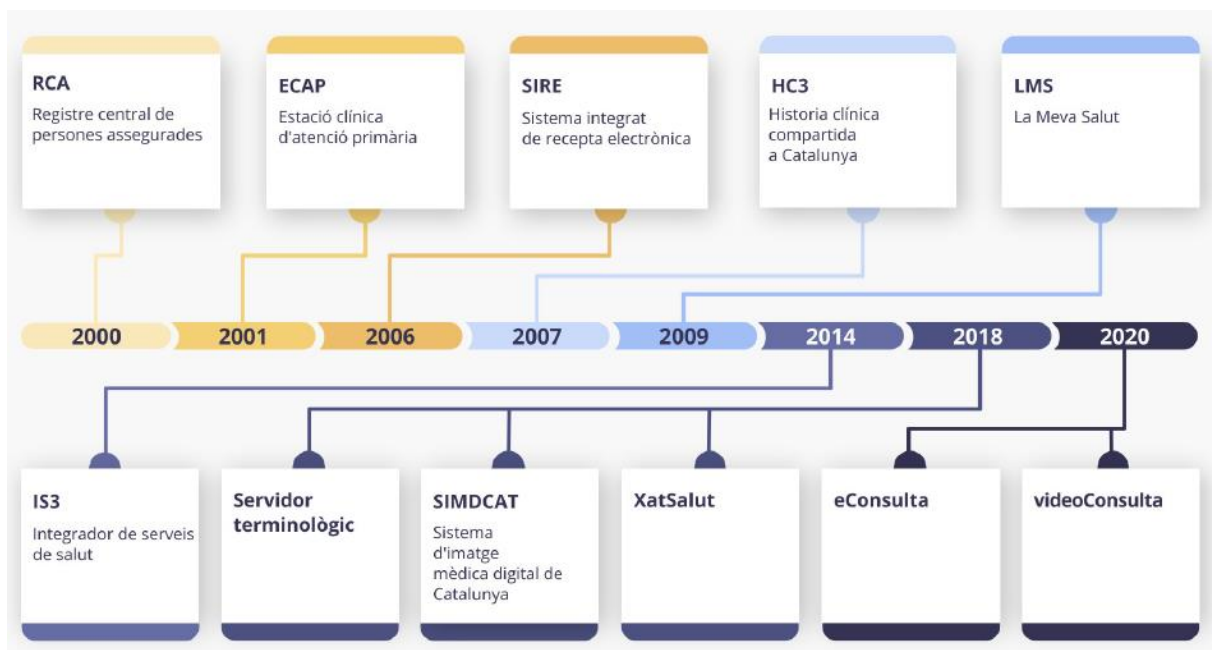


Figura 5. Evolució dels serveis tecnològics a disposició de SISCAT(font: Fundació TIC Salut Social)

Si parlem d'oferta de solucions basades amb IA, en canvi, trobem que aquesta és baixa comparada amb la demanda. Actualment la major part de solucions IA son proves de concepte i molt poc aplicades a la realitat.

A Catalunya existeix la voluntat d'impulsar la IA i ser pioners en solucions innovadores. La creació del CIDAI (Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence) és una prova d'això. Mica en mica

es va creant un ecosistema d'empreses i organitzacions que van fent camí i establint unes línies d'acció a futur. No obstant, la implicació de l'administració pública és imprescindible en l'avenç de la IA en salut. És necessari comptar amb aquesta capa governamental que s'encarregui tant de centralitzar les decisions com d'ajudar a trencar barreres legislatives i burocràtiques que estiguin alentint el procés.

Es destaquen unes activitats d'interès per l'homogeneïtzació de la informació de salut i la seva interoperabilitat del Pla de Salut 2016-2020¹ :

- S'elabora el Pla Director de Sistemes d'Informació SISCAT2 per tal de guiar en el desenvolupament dels sistemes d'informació i tecnologies de la informació i comunicació. El Pla vol donar resposta a les necessitats de disponibilitat d'informació i proposa el desenvolupament de l'Historial Electrònic i el repositori analític SISCAT, la millora i renovació dels entorns de treball clínics i assistencials, i la transformació digital dels processos i models d'atenció mitjançant les tecnologies emergents que estan facilitant les nostres vides en molts àmbits.
- Impuls del sistema d'Imatge Mèdica Digital de Catalunya (SIMDCAT). Es tracta d'una plataforma al núvol, que utilitzaran 450 centres i tots els professionals del SISCAT (Sistema Sanitari Integral d'utilització pública de Catalunya) permetrà emmagatzemar i compartir les imatges mèdiques digitals generades pels centres de manera segura.
- El Programa d'anàlítica de dades per a la recerca i la innovació en salut (PADRIS) té la missió de posar a disposició de la comunitat científica les dades sanitàries relacionades per impulsar la recerca, la innovació i l'avaluació en salut mitjançant l'accés a la reutilització i creuament de les dades sanitàries generades pel sistema sanitari integral d'utilització pública de Catalunya (SISCAT), d'acord amb el marc legal i normatiu, els principis ètics i de transparència envers la ciutadania del programa.



¹ Pla de Salut de Catalunya 2016-2020 https://salut.web.gencat.cat/ca/el_departament/Pla_salut/pla-de-salut-2016-2020/

² Presentació del Pla Director de Sistemes d'Informació. <https://pdsis.blog.gencat.cat/>

5.3. Fortaleses i acceleradors a Catalunya

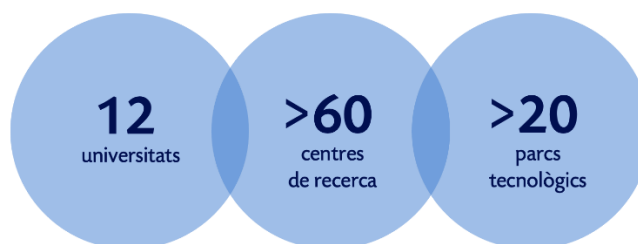
L'alta densitat de centres hospitalaris de referència a Catalunya és terreny abonat per a la IA entesa com a ciència basada en dades. Ve a més acompanyada, d'una banda, per la seva convivència i intensa relació amb un teixit de coneixement de la IA en universitats i centres de recerca de referència en l'àrea i, d'altra banda, per un ecosistema de petites i mitjanes empreses orientades a la IA moltes de les quals inclouen l'àmbit de salut entre els seus interessos. La incidència i impacte de la IA en el sector de salut de Catalunya vindrà determinada per la capacitat d'integrar tots aquests actors sota una capa de governança institucional coherent i proactiva.

Hi ha certs factors que propicien l'auge disruptiu de la IA a Catalunya com a tecnologia amb potencial i aposta de futur en el sector de la salut. Alguns dels principals factors característics de la regió són:

- *Consolidat sistema de coneixement*

Universitats: Les activitats de formació al voltant de la IA en són un motor crucial per al seu desenvolupament. Catalunya disposa d'un ecosistema ric en universitats de referència. Per exemple, ja des del 2005 la UPC va establir el primer i fins el moment únic Màster oficial en Intel·ligència Artificial de Catalunya, implementat des de la seva creació en coordinació amb la Universitat de Barcelona (UB) i la Universitat Rovira i Virgili (URV) de Tarragona, on més del 50% dels estudiants matriculats al màster són internacionals. La UAB per la seva part, coordina el Màster oficial en Visió per Computador, implementat en col·laboració amb la UOC, la UPC i la UPF, i on el Centre de Visió per Computador (CVC) juga un paper molt important. La UAB també imparteix el Màster propi en Intel·ligència Artificial i Big Data en Salut, què en setembre de 2021 comença la seva segona edició.

Sistema de recerca de Catalunya



Alhora, la UAB (amb la participació del Centre de Visió per Computador (CVC) i l'Institut d'Investigació en Intel·ligència Artificial (IIIA-CSIC)) i la UPC posen en marxa el curs 2021-22 els dos primers graus universitaris en intel·ligència artificial (IA) de Catalunya. La UPC es converteix, per tant, en la primera universitat espanyola que oferirà grau, màster i doctorat en aquesta especialitat científica. Altres universitats catalanes també estan fent una forta aposta per la incorporació de la IA en el seu currículum educatiu, com els màsters d'investigació de la UPF enfocats a tecnologies relacionades com visió per computadors, sistemes intel·ligents interactius, etc. A més a més, de la incorporació d'assignatures d'intel·ligència artificial per la ciència de les dades de màsters de data science i altres cursos de curta durada (La Salle-URL, etc).

Amb una llarga trajectòria en innovació tecnològica i desenvolupament de talent, Catalunya apareix com un líder en aprenentatge profund amb universitats, centres de recerca i tecnologia al

capdavant d'aquest camp, aplicant arquitectures de xarxes neuronals profundes en diferents projectes de sector de salut, tal com es mostra en un llibre publicat recentment per investigadors de la Universitat Oberta de Catalunya¹.

Centres tecnològics i de recerca: Catalunya disposa d'un model de recerca d'excel·lència. En IA destaca el Centre de Visió per Computador (CVC), l'Institut de Robòtica i Informàtica Industrial (IRI), l'Institut d'Investigació en Intel·ligència Artificial (IIIA-CSIC), el Barcelona Super Computing Center (BSC), el Centre de Tecnologies i Aplicacions del Llenguatge i la Parla (TALP), i el recent Centre de Recerca en Ciència de Dades Intel·ligent i Intel·ligència Artificial (IDEAI). Disposa també de centres tecnològics enfocats a la innovació i la transferència com i2CAT i Eurecat.

Talent professional: Catalunya, i en especial Barcelona, és un bon pol d'atracció i demanda de talent (per factors com qualitat de vida, ecosistema actiu i altres aspectes). El Digital Talent Overview report 2019 declara la IA com al sector emergent amb més demanda de la ciutat de Barcelona amb una falta prevista de 14.200 professionals en TIC a Barcelona, la majoria en el camp de la IA.

■ *Lideratge d'iniciatives*

Iniciatives de la comunitat científica: La declaració de Barcelona sobre la IA (2017), liderada per la comunitat científica catalana de la IA, també és una iniciativa pionera a Europa en debat ètic, jurídic, socioeconòmic i cultural sobre els usos futurs d'una IA segura i confiable. Els científics en IA catalans són molt actius en múltiples iniciatives sobre l'ètica en la IA, inclòs el desenvolupament de directrius ètiques de la Comissió Europea per a la IA.

Iniciatives del sector públic/govern: Les administracions públiques tenen voluntat de donar impuls a iniciatives d'IA. La Generalitat de Catalunya, assessorada per un equip d'experts, va publicar el seu pla estratègic en IA i el va posar a disposició del públic el juliol de 2019 (CATALONIA.AI).

Iniciatives d'àmbit europeu: Com per exemple l'EIT Health, una iniciativa de l'Institut Europeu d'Innovació i Tecnologia (EIT) que ha escollit Barcelona com a la seu de la comunitat d'innovació. EIT Health Spain compta amb socis de cinc regions: Catalunya, Madrid, València, País Basc i Andalusia. Junts ofereixen un entorn d'innovació, amb vincles entre empreses, universitats, hospitals universitaris i proveïdors de serveis sanitaris que actuen com a agents forts en els tres pilars del triangle de la innovació: recerca, educació i creació d'empreses.

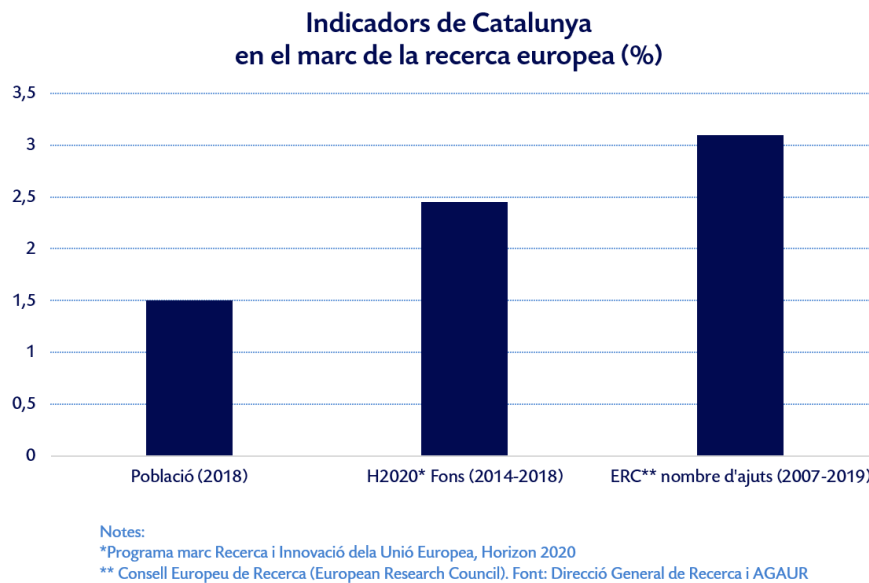
■ *Pol d'innovació*

Bons indicadors en el marc de la recerca europea: Entre el 2014 i 2018 Catalunya ha rebut 1.070 milions d'euros del programa Horizon2020. Això equival al 2,4% dels fons H2020, per sobre de la població de Catalunya en el total de la Unió Europea (1,5%). Entre el 2007 i el 2019 Catalunya ha rebut un 3,2% dels fons europeus de recerca (ERC)². Aquests fons estan destinats a recerca capdavantera i basats en l'excel·lència científica.

¹ Deep learning Principios y fundamentos. UOC. <https://www.editorialuoc.cat/deep-learning>

² Programa marc de Recerca i Innovació de la Unió Europea, Horizon 2020. Direcció General de Recerca i AGAUR. Consell Europeu de Recerca (European Research Council).

Encara, en el marc europeu, i segons s'acredita a l'estudi Anàlisi de l'especialització en intel·ligència artificial¹, el 8,4% dels projectes H2020 amb participació catalana versaven sobre IA (la mitjana europea és 6,6%) ocupant la 3a posició en nombre de projectes (228) i la 4a posició en finançament atorgat (130 milions d'euros).



■ Fort teixit empresarial

Indústria, startups i empenedoria tecnològica: el sector de ciències de la vida i la salut compta amb més de 1.200 empreses de les quals 180 corresponen a digital Health², que ha experimentat un fort creixement de startups els darrers cinc anys. Es compta amb un ampli ventall d'empreses en R+D de medicaments, assajos clínics, diagnòstic, eines clíniques, seguiment del pacient, gestió, suport a la decisió mèdica, serveis de la salut, serveis d'atenció a domicili, teràpies digitals, monitoriatge actiu, tractament i salut i benestar, entre d'altres. Barcelona és un dels principals hubs d'Europa de ciències de la vida.

Barcelona s'ha posicionat (Startup Heatmap 2021) com el tercer hub més atractiu per start-ups a Europa. També s'han atret acceleradors d'empreses emergents i venture builders i de capital de risc que ofereixen una oportunitat única per desenvolupar nous negocis al voltant de la majoria de tecnologies disruptives. Destaquen organitzacions vinculades a l'empenedoria tecnològica com el Barcelona tech city, Barcelona Health hub o eitHealth.

■ Fort teixit associatiu

Catalunya destaca per la forta incidència associativa fins i tot en àmbit d'IA. Es constitueix formalment l'any 1994 l'Associació Catalana d'Intel·ligència Artificial (ACIA). L'ACIA va celebrar el seu 25è aniversari l'any 2019 i té més de 200 membres. Avui, l'ACIA reuneix la major part de la comunitat científica catalana d'IA, així com antics alumnes, professionals del sector i alguns

¹ Anàlisi de l'especialització en intel·ligència artificial, Col·lecció "Monitoratge de la Ris3CAT", número 13, gener de 2021.

² Informe BioRegió de Catalunya 2020. Mirada en perspectiva del sector de les ciències de la vida i la salut. Blocat <https://informe.biocat.cat/>

associats institucionals. Tot i ser l'associació d'un petit territori, l'ACIA és, des de l'any 1995, un capítol de l'Associació Europea d'Intel·ligència Artificial (EurAI) i organitza una conferència anual internacional des de l'any 1998. Per altra banda, Catalunya disposa del Col·legi Oficial d'Enginyeria Informàtica de Catalunya, el COEINF, creat pel Parlament de Catalunya l'any 2001 amb la missió de vetllar per la professió d'enginyeria informàtica. Aquesta organització professional és un suport fonamental per a la intel·ligència artificial a Catalunya. Des de l'any 2016, el COEINF inclou una posició específica en el seu equip directiu dedicada a la IA: el vicedeganat de Big Data, Ciència de les Dades i Intel·ligència Artificial. Aquesta posició promou el desenvolupament fructífer del sector empresarial en aquests camps, inclosa la necessitat de reduir l'escletxa de gènere en el sector, amb una comissió dedicada a aquest tema: donesCOEINF. La bretxa de gènere també es va convertir en objecte de consideració per a l'ACIA i el 8 de març de l'any 2019 aquesta va fundar un grup de treball de dones en IA a Catalunya anomenat donesIAcat. En el camp de la salut es compta amb organismes com Fundació TIC Salut Social, que treballa per impulsar el desenvolupament i la utilització de les TIC i el treball en xarxa en l'àmbit de la salut, fa d'observatori de noves tendències, innovació i seguiment d'iniciatives emergents, i ofereix serveis de normalització i homologació de productes.

▪ *Disposició d'infraestructures adequades*

Infraestructures de transport destacables i obertes a nivell global com són el port o l'aeroport de Barcelona. Hubs industrials com la zona franca i els parcs automobilístics. Infraestructures tècniques d'alt nivell com el Supercomputador d'Espanya, el MareNostrum, instal·lat a Barcelona l'any 2005, al Centre Nacional de Supercomputació (BSC-CNS), una referència internacional crucial per al processament de dades massives, o el Centre de Visió per Computador (CVC), que disposa de més de 200 unitat de processament gràfic (GPU) connectades en xarxa, el que el converteix en un dels centres amb major nombre de GPUs treballant simultàniament del món. Quant a altres infraestructures, Barcelona ha creat recentment el Labs.5G Barcelona, en connexió amb la Mobile World Capital, per donar suport a la innovació en tecnologia 5G.

▪ *Seu de grans esdeveniments*

Barcelona és seu d'alguns dels esdeveniments de més renom internacional en l'àmbit de la tecnologia i la digitalització de l'economia (en molts àmbits, inclòs mobilitat). Des del 2011 Barcelona és la Mobile World Capital, i ja és una ciutat de referència en la tecnologia mòbil (impulsora i suport en el desplegament de solucions de la IA aplicada en mobilitat). A més Catalunya és seu d'esdeveniments destacables a nivell internacional com: Mobile World Congress (MWC) Smart City Expo World Congress, Smart Mobility World Congress, Advanced Factories. AI & Big Data Congres o l'IoT Solutions World Congress. També és capital de congressos especialitzats: HealthIO, XPatient Barcelona Congress, Barcelona Health Hub Summit, World Congress on Medical and Patient Education i Health Investment Forum, que enguany es dedica a IA.

▪ *Creixement de tecnologies facilitadores*

La ràpida evolució i accés per a empreses i organismes catalans en els darrers anys de tecnologies el núvol, 5G, tecnologies de processament de dades com *Big Data*, tecnologies de captació de dades com sensòrica avançada i IoT, etc. contribueixen a ampliar el rang d'aplicació de la IA. Destaquen tecnologies acceleradores com:

- Sensorització: Comunicació màquina a màquina / infraestructures per a la comunicació.

- Informació en temps real i anàlisi de dades. Interès en apostar per iniciatives que seran clau pel sector de la salut
- Creixement de la robòtica: creixent acceptació de màquines autònomes cognitives.
- 5G i compartició de dades: Infraestructures intel·ligents i serveis compartits convergits.

5.3.1. Algunes iniciatives d'IA i Salut a Catalunya

Per tal d'il·lustrar amb exemples reals l'aplicació de solucions basades en IA en el camp de la salut s'identifiquen a la Taula 2 diversos projectes i casos d'ús desenvolupats a Catalunya. Consisteix en una selecció de 26 iniciatives considerades rellevants i inspiradores per a l'ecosistema de salut català que han estat impulsades o compten amb una important participació d'integrants d'aquest ecosistema: petites i grans empreses, empreses emergents, administració pública, centres de recerca, tecnològics i universitats. A la vegada, adrecen els principals reptes identificats a l'inici del document.

La taula conté el llistat d'aquestes 26 iniciatives el contingut detallat de les quals es troba ampliat i detallat a l'ANNEX II, on per a projecte, s'ha definit i) el repte que es vol solucionar, ii) en què consisteix la innovació proposada, iii) el perfil tecnològic i com s'aplica la IA, iv) l'agent o agents impulsor i finalment v) quines implicacions i quin valor genera el projecte pel sector de la salut i quin és el potencial de creixement o estratègia pels pròxims anys dels executors del projecte.

Ambits actuació	Reptes	Casos il·lustratius
Suport al diagnòstic	Creixement demogràfic i atenció sanitària a llarg termini	• Detectar nòduls de pulmó potencialment cancerígens en plaques de tòrax / LucadAlert • Millorar la taxa de detecció, quantificació de creixement i predicció de malignitat de nòduls pulmonars DeepLung • Detecció precoç de malalties de la retina central i de la papil·la sospitosa de glaucoma / Sauron Opt retina • Identificació d'anomalies en el ronyó/NTT Data • Identificació de perfils d'agitació en malalts mentals greus. IPAMM • Diagnòstic precoç de càncer de pàncreas/Sycal • Reduir el temps entre la detecció i el tractament de l'ictus/Methinks
		• Proporcionar instruccions per guiar els metges a través de l'arbre de les vies respiratòries per arribar al nòdul en temps real / CIBERLUNG • Seguiment i validació de protocols d'actuació / Expert.ia • Extracció i codificació de textos mèdics / Expert.ia
Planificació i guiat d'intervencions	Impuls a la digitalització	
Tractament personalitzat	Canvis estil de vida i expectativa	• Solució de diagnòstic i monitorització de pacients amb EM (escleròsi múltiple) TENSORMEDICAL

		• Plataforma per controlar l'adherència al tractament mèdic- FARMALAN • Assistent intel·ligent de dieta personalitzada- Diet4you • Implementació medicina personalitzada per melanoma maligne. CVC-Marató de TV3 • Disseny de fàrmacs basat en IA. Chemotargets /Devshealth
Monitorització i sistemes de suport	Canvis estil de vida i expectativa Creixement demogràfic i atenció sanitària a llarg termini Crisi econòmica i social-equitat	• Atenció integrada de l'íctus. ICTUSnet • Healthapp per monitoritzar el menjar dels pacients amb trasplantament de ronyó. VALIDITHI • Plataforma audiovisual que mostra el contingut que el pacient necessita en cada moment / Digimevo • Empoderar els pacients perquè reportin i comparteixin els seus resultats de salut / H2O
Logística i gestió hospitalària	Augment de la pressió sobre els sistemes sanitaris Crisi econòmica i social-equitat	• Millorar l'accés a l'assistència sanitària / Mediktor • Anticipar necessitats de recursos/ Amalfi • Monitoritzar l'evolució de la pandèmia de COVID-19 i simular diferents escenaris pandèmics / Proceed • Eina d'assistència a la presa de decisions en la gestió de nous brots de COVID-19 / Observatori epidemiològic
Tecnologies Base	Impuls a la digitalització	• Marc flexible i escalable per a l'entorn Big Data / Deephealth • Arquitectura de Diagnòstic com servei (DaaS) / UP4Health

Queda palès que a Catalunya hi ha dinamisme, iniciativa i visió per explorar el potencial de la IA en salut. Malgrat tot, cal puntualitzar que molts dels projectes presentats estan encara en proves pilots, projecte demostratius o en proves de concepte. Serà clau marcar la continuïtat de les iniciatives, seguir donant impuls a explorar el potencial de IA, i inspirar-se dels projectes o explorar sinergies que es poden derivar dels agents que ja han començat a fer els primers passos en l'adopció de IA a la salut.

5.4. Barreres per l'adopció de la IA en salut a Catalunya

Catalunya compta amb bons actius per ser diferencial en l'aplicació de la IA al sector de la salut, però a la vegada també afronta un seguit de barreres que en dificulten la seva adopció.

En l'àmbit nacional, Catalunya és la zona d'Espanya amb més talent en IA. Tot i així, la bretxa entre l'oferta de solucions i la demanda existeix. Falten coneixements de biomedicina, biologia molecular i ciències de la computació. A més, actualment no hi ha una formació híbrida entre ciències de la salut i ciències de la computació fet que fa que el talent generat per les universitats estigui molt atomitzat cap a una banda o l'altra. Per tant, és imprescindible que el sistema educatiu s'adapti per crear aquests ponts entre ambdues disciplines i així facilitar la creació i innovació per part dels graduats.

L'ecosistema de proveïdors tecnològics de IA a Catalunya és bastant complert en el sentit que hi ha multitud de petites empreses fent projectes que aporten valor. Tot i així, com ja s'ha mencionat anteriorment, aquests projectes es troben en fases molt incipients i la major part d'ells no estan sent encara aplicats a la pràctica clínica. Si més no, és important remarcar que avui dia no es necessita que els proveïdors tecnològics o els investigadors estiguin presents a Catalunya per tenir un impacte al territori. Molts dels projectes es treballen des d'altres països europeus en solucions per a Catalunya i a l'inrevés.

En aquest sentit, un dels aspectes que s'ha treballat amb detall amb els participants del Think Tank, o Laboratori d'Idees, ha estat la identificació de les principals barreres o limitacions que dificulten una àmplia adopció de la IA en l'àmbit de la salut a Catalunya.

Fruit de les discussions en el marc d'aquest Laboratori d'Idees cal destacar que aquestes barreres no són només tècniques degut a la manca de la suficient maduresa de la tecnologia en algunes aplicacions o a la poca transparència i explicabilitat dels models de IA, sinó que una gran part són degudes a factors no tecnològics. Donada l'alta sensibilitat que comporta l'àmbit de la salut, moltes de les barreres surten de qüestions encara no resoltes com: qui és el propietari de les dades de salut?, és lícit que s'utilitzin aquestes dades pel bé comú?, els metges han de saber de IA?, les entitats públiques són les úniques que haurien de desenvolupar models de IA o hi haurien de participar també les empreses tecnològiques i la iniciativa privada?, si fos així, com es faria el model català sostenible econòmicament?

Tot això dona peu a importants barreres com són la no disponibilitat de dades, la dificultat per la col·laboració públic-privada, la manca de talent expert o a la resistència al canvi en el sector, entre altres. Més concretament, les principals barreres per poder impulsar la IA en el sector de salut són les següents:

5.4.1. Manca de disponibilitat de dades de qualitat degut a la no integració i no homogeneïtat

En general, la principal barrera per l'adopció de la IA en la salut és la manca de disponibilitat de dades de qualitat. És a dir, poder tenir accés a dades de qualitat que garanteixin l'efectivitat posterior de l'aplicació de les diferents tècniques de IA. O el que és el mateix, sense dades de qualitat, els resultats de la IA no seran vàlids, i més concretament, sense dades de qualitat dels ciutadans de Catalunya, els resultats de la IA no seran vàlids pels mateixos ciutadans de Catalunya.

En valorar el grau de necessitat real de la disponibilitat de dades de qualitat, cal preguntar-se fins a quin punt té sentit disposar d'algoritmes d'IA (comprats) entrenats amb dades de salut d'altres territoris i països amb contextos i realitats diferents, els quals no és possible conèixer i controlar del tot. Els resultats obtinguts serien suficientment útils pels ciutadans de Catalunya? serien suficientment fiables les decisions generades per aquests models?

En aquest sentit, actualment hi ha tres factors a Catalunya que dificulten de manera significativa la disponibilitat de dades de qualitat en l'àmbit de la salut dels ciutadans. Aquests factors són la diversitat de sistemes no integrats, la no homogeneïtzació de la tipologia de dades recollides entre els diferents sistemes, i les limitacions d'accés a les dades personals associades a la normativa europea de protecció de dades personals (RGPD).

Respecte a la diversitat i no integració de sistemes, la realitat del sistema de salut català és complexa degut a la seva gran fragmentació. En primer lloc és un sistema mixt, integrat per una xarxa pública i per una xarxa privada o concertada, que dona lloc a sistemes d'informació diferents i sense una integració plena.

I en segon lloc, el propi sistema sanitari públic també es troba descentralitzat, concretament està estructurat primer en Regions sanitàries, delimitades a partir de criteris geogràfics, socioeconòmics i demogràfics, i amb un ampli ventall de competències pròpies, seguidament en Sectors sanitaris, òrgans que desenvolupen les activitats de prevenció de la malaltia, promoció de la salut, salut pública, i assistència sanitària i sociosanitària en el seu nivell d'atenció primària, i finalment, en Àrees bàsiques de salut, les unitats territorials on es presta l'atenció primària de salut d'accés directe de la població, principalment per mitjà del centre d'atenció primària¹.

Amb la qual cosa, tot aquest ecosistema dona com a resultat l'existència d'un elevat nombre de sistemes d'informació diferents, que compten amb procediments diferents per l'emmagatzemament de dades, i això vol dir l'existència de diferents volums de dades aïllats entre si.

Paral·lelament, la no homogeneïtzació o manca de coherència semàntica de les dades entre sistemes és també un aspecte molt present en l'escenari actual amb diversos sistemes d'informació dels diferents agents. Si les dades no tenen una estructura, format i significat similar per poder-les relacionar i comparar, els resultats que s'obtidran seran erronis i esbiaixats, afectant greument a la utilitzat i confiabilitat dels algoritmes de IA resultants de l'entrenament. Per exemple, la diferència entre els criteris de categorització dels expedients mèdics dels pacients entre els diferents sistemes, amb graus de detall, categories i criteris d'avaluació diferents, faria impossible la possibilitat de disposar de variables homogènies entre els diferents sistemes.

5.4.2. Manca de disponibilitat de dades de qualitat degut a la limitació associada al desplegament de la normativa existent de dades personals (GDPR)

El tercer factor que també limita de manera significativa la disponibilitat de les dades és la normativa en matèria de dades personals (GDPR). Ara mateix la interpretació actual de la GDPR es manifesta concretament en la gestió que es fa del control d'accés a les dades de salut emmagatzemades en el sistema PADRIS.

¹ El CatSalut i el model sanitari Català. Departament de Salut. <https://catsalut.gencat.cat/ca/coneix-catsalut/presentacio/model-sanitari-catala/>

Actualment, aquest accés a les dades personals està regulat pel Parlament de Catalunya, de manera que només les institucions públiques del territori poden accedir-hi, sota petició expressa, i a través d'un procés poc àgil que s'allarga en el temps. Mentre que en el cas de l'empresa privada l'accés no es possible en cap cas.

Tot i que la possible anonimització d'aquestes dades personals permetria deixar sense aplicació la normativa GDPR existent i faria viable l'entrenament de models de IA per aplicacions on no es requereixi d'una traçabilitat del pacient en la fase d'entrenament, aquesta alternativa també es troba enormement penalitzada.

Això és degut a que a banda de la necessitat de realitzar la sol·licitud d'accés específica esmentada, el propi tractament d'anonimització de la dada és també un tractament diferent del previst inicialment en el servei de salut, i com que no es disposa d'un consentiment específic per defecte, es requereix també d'endegar un procés de sol·licitud de consentiment al conjunt de pacients implicats, la qual cosa suposa dilatar encara més i de manera molt significativa tota la compartició de dades.

Tot i que actualment ja es porta a terme un treball important amb diversos projectes d'implementació de nous algoritmes de IA, l'existència d'aquestes barreres en la disponibilitat de les dades, limita de manera significativa el nombre, la qualitat final, l'impacte i la rendibilitat dels algoritmes generats, donat que no és possible aprofitar tot el potencial i sinèrgies del conjunt de dades disponibles del sistema català.

No només això, sinó que la no disponibilitat de les dades impacta molt negativament en una possible adopció real d'una IA de qualitat a curt i mig termini, doncs no hi ha la possibilitat d'establir una governança i una sistematització de tot el procés que permeti agilitzar i escalar l'accés i la compartició de les dades a tot l'ecosistema de la innovació i la recerca.

5.4.3. Falta de col·laboració públic-privada

Actualment el sector privat a Catalunya, i concretament les empreses tecnològiques de l'àmbit de la salut troben moltes dificultats per la col·laboració amb les organitzacions de salut públiques pel desenvolupament i millora de noves solucions d'analítica avançada i de IA. Essent el salt des d'un projecte d'innovació i pilot cap a una solució consolidada de mercat una barrera pràcticament infranquejable actualment. L'escenari actual preveu i té en marxa un conjunt de pilots en IA amb col·laboració públic-privada, però encara no compta pràcticament amb cap desplegament formal de solució en l'operativa real.

La no possibilitat d'accedir a dades de salut del territori, implica com a alternativa l'ús de dades d'altres indrets i contextos per l'entrenament dels nous models de IA, però això també penalitza posteriorment les opcions d'homologació i certificació del nou model per part de les autoritats competents, la qual cosa porta directament a la no viabilitat futura de l'eina.

A banda de la no disponibilitat de la dada, no queda clar tampoc l'operativa i el procediment a seguir per la possible comercialització d'una solució basada en IA des de la fase de pilot. Tenint en compte que les dades són de les persones, no hi ha establert cap model de sostenibilitat, de propietat intel·lectual i industrial, ni de negoci entre les parts que participen en el desenvolupament del model de IA, una vegada aquest pugui estar en una fase de comercialització. Sense l'existència d'aquest model ni dels procediments a seguir, ni de les mètriques per avaluar els models, ni dels agents i rols per gestionar la governança de tot aquest procés, serà molt complexa la potenciació de la col·laboració publico-privada pel desenvolupament d'una IA adaptada a les necessitats del nostre territori, amb el risc a mig termini de veure's obligat finalment a comprar una IA no prou adaptada.

Finalment, la dificultat per la col·laboració público-privada porta en conseqüència a una poca inversió del capital risc, cosa que redueix la capacitat de creixement del propi ecosistema d'innovació i recerca i dels seus recursos disponibles en talent i tecnologia.

5.4.4. Dificultat i poca agilitat per la compartició de dades: manca d'un entorn tecnològic de proves (sand box)

Actualment el procés d'accés a la dada és individualitzat, sota demanda i adhoc en cada cas. No hi ha cap entorn tecnològic a través del qual sigui possible sistematitzar l'accés ni la compartició de dades i de resultats amb tot l'ecosistema d'innovació i recerca d'una manera àgil i escalable en el temps. No s'ha definit ni és possible implementar una gestió dinàmica i sistematitzada de la governança de la dada.

5.4.5. Manca d'estratègia clara de les organitzacions respecte del possible rol de la IA en la seva operativa i presa de decisions

Falta d'una estratègia clara en les organitzacions de la salut respecte a l'adopció de la IA. No tenir clares les necessitats ni les oportunitats de millora a nivell d'eficiència i qualitat en els processos i la presa de decisions, fa difícil identificar i avaluar la viabilitat de la incorporació de la IA en les organitzacions. I en conseqüència, sense un full de ruta que fixi una prioritat clara en l'adopció de la IA a curt i mig termini, i assigni els recursos necessaris, es fa difícil poder garantir un desplegament gradual i efectiu de la IA en l'operativa real amb èxit.

5.4.6. Manca de transparència i dificultat per garantir el comportament ètic dels models IA i la seguretat legal per a la posterior pràctica clínica.

L'elevada complexitat dels models IA dona lloc en la majoria de casos a veure els models de IA com una 'caixa negra' respecte de la presa de decisions. És a dir, el model de IA, prèviament entrenat i a partir d'unes dades d'entrada, genera una decisió de sortida sense que es coneguin les regles ni el

raonament seguit. Això origina una manca de transparència en el comportament i les decisions del model, i per tant una desconfiança en el resultat, amb la derivada final de no saber si poden existir realment possibles biaixos o comportaments poc ètics, ja siguin aquests sense una voluntarietat clara, o bé, biaixos amb una possible negligència voluntària arribat al cas.

El fet de que el model no sigui transparent o no explicable, dificulta per tant la seva homologació o certificació final per part de l'autoritat competent. Clarament el marcatge CE no és suficient per aquest tipus de solucions, donat que només garanteix que la solució fa allò que diu que fa, però no entra a validar internament la qualitat de les prestacions (decisions) del model. Cal tenir present que els dispositius mèdics són tots aquells productes o equips destinats generalment a un ús mèdic, i els models de IA ho són, i estan regulats a nivell d'estat membre.

Per altra banda, la no existència d'un criteri clar entre els diferents actors i professionals de la salut sobre com avaluar els models de IA per a la seva pràctica clínica que unifiqui criteris tampoc ajuda a generar un entorn de seguretat legal.

Finalment, també és important assenyalar que des del punt de vista ètic dins del context d'assistència sanitària, la garantia del dret a la no discriminació, per exemple, basat en raça, pot trobar-se en un atzucac en el moment en què es plantegi considerar el paràmetre de raça com a una dada per tenir en compte en la diagnosi. És correcte o n'hi ha prou amb satisfer el dret fonamental de la no discriminació garantint el disseny de sistemes de IA ignorant variables com la raça? aquest dret quedaria infringit si, malgrat l'anterior, el model IA generés un resultat i un impacte dispar sobre diversos grups racials? En canvi, què succeiria si la inclusió de la raça com a paràmetre produís realment resultats més equitatius racialment i/o de més utilitat i qualitat per les persones?¹

5.4.7. Manca en la formació del personal sanitari en IA

Actualment, tret de casos concrets, en general la formació del personal sanitari segueix sense posar gaire èmfasis en les tecnologies d'analítica avançada de les dades i la IA. Això es tradueix en una important barrera de comunicació entre els professionals de la salut i els enginyers de dades. Situació que a la llarga penalitza, en bona mesura, les possibilitats d'adopció real de la IA en l'àmbit de la salut.

El fet que la IA estigui entrant en el terreny de la salut implica una necessitat d'interacció cada vegada més gran entre els professionals de la sanitat i els enginyers de dades. De fet, aquesta col·laboració interdisciplinària és imprescindible per assegurar que les eines que es creïn no només funcionin a nivell tècnic sinó també ho facin a nivell pràctic amb una correcta aplicació a les diferents casuístiques d'ús conegudes pel professional de la salut. Per tant, es posa en relleu la necessitat de potenciar la formació del professional de salut amb perfils híbrids que siguin capaços d'entendre els dos mons, el de la salut, però també el de les dades i la IA.

¹ The European artificial intelligence strategy: implications and challenges for digital health. The Lancet Digital Health [https://www.thelancet.com/journals/landig/article/PIIS2589-7500\(20\)30112-6/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/landig/article/PIIS2589-7500(20)30112-6/fulltext)

5.4.8. Manca de talent expert en analítica avançada de dades i IA, i dificultat de retenció

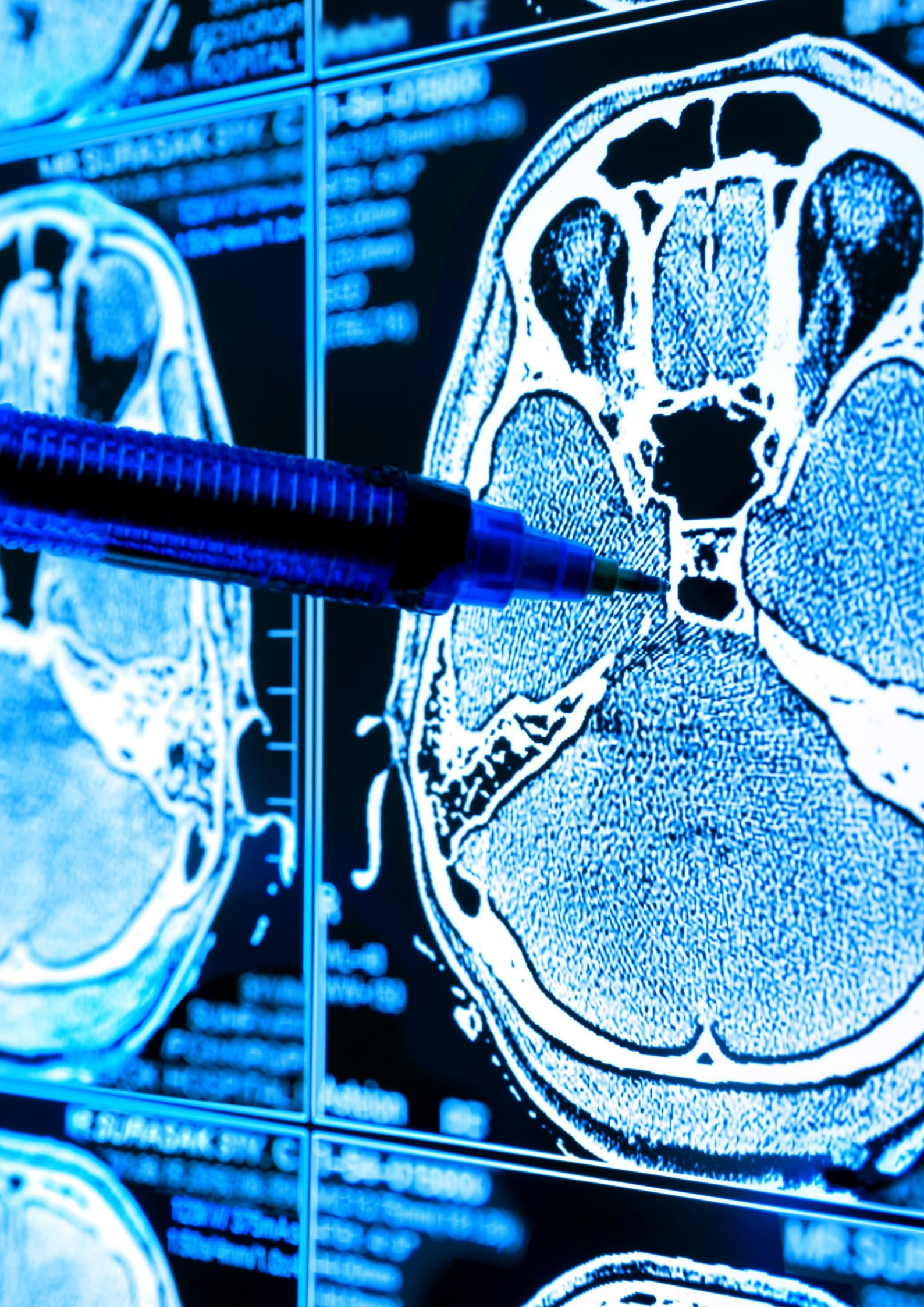
Tot i que Catalunya és un pol d'atracció de talent i ja compta amb iniciatives d'adopció de la IA, la situació respecte els professionals experts en analítica de dades i IA és, per una banda, la d'una mancança d'un nombre suficient de professionals en la intersecció dels dominis de la IA i la salut, i per l'altra, la d'una elevada rotació provocada en gran mesura per una oferta de treball més competitiva procedent de fora de Catalunya. Aspectes, els dos, que impacten de manera negativa en la capacitat per garantir a mig termini la incorporació de manera àmplia de la IA en les organitzacions de salut.

5.4.9. Resistència al canvi dels professionals de la salut

El canvi de paradigma a una medicina basada en l'evidència i les dades que qüestiona les operatives actuals, la desconfiança en la proposta de valor dels models de IA i en el paper que poden jugar, la dificultat per integrar correctament la IA en els procediments, amb els possibles canvis en la manera de treballar, o la falta de temps dels professionals per adaptar-s'hi, són factors que alimenten una resistència al canvi.

5.4.10. Risc de no acceptació social.

La IA forma, cada cop més, part del debat social. Tot i així, la IA, deguda a la seva complexitat, relativa novetat i maduresa encara incipient, és entesa encara com un concepte llunyà, difícil d'entendre i del qual, no se'n sap ben bé què esperar, ni les possibles conseqüències positives o negatives que pot portar, tant a nivell general de societat, com a nivell particular del propi individu. Per certs sectors de la població, la necessitat d'haver de monitoritzar i analitzar tot el conjunt de les dades de salut, amb la capacitat de coneixement i control que això suposa, i el permetre l'automatització d'una presa de decisions basada en algorismes (IA) sense tenir clares les regles que obeeixen, encén alertes de perill i desconfiança degut als grans riscos que pot suposar per a la salut i la vida de les persones si les actuacions en aquest sentit no són benintencionades.



5.5. Recomanacions per fomentar l'adopció de la IA en l'ecosistema de salut

En aquest apartat es recull un conjunt de recomanacions i propostes resultants de les deliberacions dels experts que conformen el Think Tank, que persegueixen donar resposta concreta a les principals barreres identificades en la secció anterior, amb l'objectiu final de facilitar l'adopció de la IA en el sector de la salut d'una manera àmplia i amb una visió estratègica a mig i llarg termini.

El procés d'adopció de IA en salut no es lineal ni constant, i la complexitat degut al nombre i la diversitat dels actors implicats tampoc ajuda. En aquest sentit, en l'estudi realitzat per EIT Health¹ sobre la transformació del sector de la salut amb la IA, s'enumeren 3 fases per la implementació ordenada i amb èxit d'una estratègia d'adopció de la IA en les organitzacions de salut. Aquestes fases si es posen en un context temporal podrien representar relativament el curt, mig i llarg termini respectivament.

En la **primera fase**, les solucions de IA a implementar són aquelles més accessibles com per exemple, les relacionades amb el suport a certes tasques manuals, administratives i repetitives. En la **segona fase** s'esperen aplicacions de IA més enfocades a l'apoderament dels pacients en el sentit que els permeti accedir a solucions des de casa seva, que puguin monitoritzar el seu estat i testejar símptomes. I en la **tercera fase**, es preveu que l'estat de maduresa de la IA en salut ja permeti accedir a grans bases de dades temporals i de diferents estudis clínics que permetin detectar episodis entre malalties i tractaments. En aquest sentit, Catalunya es troba de camí entre la primera i la segona fase.

Més enllà d'aquesta estratègia d'adopció de la IA en les organitzacions, a continuació es proposen un seguit d'actuacions per impulsar l'aplicació i adopció de la IA al sector de la salut, d'una manera àmplia, i amb una visió estratègica a mig i llarg termini, incloent aspectes com els de la disponibilitat i governança de les dades, la creació d'entorns de proves o la potenciació de la col·laboració públicoprivada, entre altres.

Les recomanacions van dirigides a tot l'ecosistema de salut en conjunt, amb l'objectiu de que puguin ser impulsades per part dels diferents actors, tant sector públic, recerca, com sector privat, i d'acord amb les seves responsabilitats i rols. Concretament, s'analitza un conjunt de propostes tenint en compte dues dimensions d'anàlisi:

- el seu grau d'**impacte** a l'hora de donar resposta i fer front a les barreres identificades.
- i a la potencial **factibilitat** per portar-les a terme a curt-mig termini des d'un àmbit estrictament de l'ecosistema català.

A continuació es planteja una classificació amb dos grans nivells de propostes de línies de treball, d'acord amb el mix de les dues dimensions d'impacte i factibilitat. D'aquesta manera, és possible

¹ E. Healt i M. &. Company, «Transforming healthcare with AI,» 2020

obtenir una primera avaluació sobre la conveniència i la prioritat dels esforços i recursos a dedicar en les diferents propostes, de cara a avançar gradualment en la incorporació i l'adopció de la IA en tot l'ecosistema de salut.

5.5.1. Propostes amb impacte i viabilitat elevats

En un primer grup, es presenten 4 propostes que es considera tenen un impacte alt o molt alt, i que a la vegada són potencialment molt factibles portar-les a terme des d'un àmbit estrictament català.

1. **Facilitació de l'accés a les dades de salut.** Cal garantir que l'ecosistema d'innovació i recerca pugui tenir un accés àgil i segur a les dades de salut, d'acord a la normativa vigent en matèria de dades personals (GDPR), per entrenar i validar els models d'analítica de dades i de IA que es desenvolupin. En aquest sentit, no només es fa referència a les dades clíniques, sinó també a totes aquelles dades dels diferents dominis que poden arribar a impactar en la salut de les persones, com són les dades socioeconòmiques, les de comportament, les òhmiques, etc.

Tot i que pel desenvolupament de models i solucions de IA es podria recórrer a dades de països tercers mitjançant la seva compra, s'ha comprovat que aquests models poden comportar problemes de biaix i provocar errors en la seva aplicació, de manera que per la seva homologació es considera indispensable una validació amb dades de qualitat corresponents a la població de Catalunya i garantir una adaptació correcta a les característiques de la població.

Els principals objectius i resultats assolibles serien:

- **Homogeneïtzació del conjunt de sistemes d'informació** presents en el sistema de salut de Catalunya per facilitar la interoperabilitat dels sistemes.
- **Adaptació de l'aplicació de la normativa GDPR per habilitar la innovació en IA en salut.** Especificant per exemple una nova excepció en la norma, consistent en la incorporació d'un "consentiment condicionat per defecte" en l'ús de les dades personals, basat sempre a un objectiu concret i sota unes condicions predeterminades que garanteixin la seguretat (anonimització, cessió, revocació, etc.), però que permetin l'accés àgil al conjunt de dades pel desenvolupament de projectes de R+D+i en salut basats en analítica avançada de dades i de IA. En aquest cas, només si l'individu decidís no consentir que s'utilitzessin les seves dades es realitzaria la revocació del consentiment.

De manera complementària, o bé com alternativa al consentiment per defecte anterior, es podria plantejar també la possibilitat de permetre una **gestió activa** per part del ciutadà del seu consentiment a través d'una plataforma o funcionalitat tecnològica, de tal manera que pugui decidir en tot moment quan, amb qui i quines dades cedir pel seu ús.

Com exemple, a Israel, a través del seu Pla Nacional de Salut, s'està creant una base de dades digital amb dades clíniques, genètiques i fisiològiques de persones, amb tres filtres de privacitat: voluntarietat de participació, decisió del participant amb qui vol compartir la informació i aprovació explícita de l'ús que es farà de les seves dades.

- **Creació d'un repositori (centralitzat o descentralitzat) de dades de l'àmbit de la salut** o amb impacte en la salut de les persones: dades clíniques, biomèdiques, òmiques, nutricionals, socioeconòmiques, etc. que estiguin validades i que serveixin de base per projectes de recerca i innovació. Aquest repositori hauria de posar a disposició tota tipologia de dades d'imatges i dades clíniques (historials) etc. susceptibles de poder aportar coneixement i valor per la millora de la salut de la població de Catalunya mitjançant el seu tractament.
- **Creació de la governança i dels procediments** per a una compartició i revocació de les dades de manera àgil i sistematitzada, que garanteixi la seva validesa i veracitat en tot moment, que reguli els controls d'accés i els fluxes d'informació i dades, així com el seu correcte ús. Com exemple europeu hi ha el model finlandès FINDATA1 en el qual una agència regula i controla l'accés a les dades de salut dels seus ciutadans.

2. **Suport a l'estratègia IA de les organitzacions.** Ajudar als centres de salut en la definició de la seva estratègia en analítica de dades i la IA, establir les línies d'actuació de les institucions en aquest àmbit. En aquest sentit, és indispensable que cada organització identifiqui les oportunitats de millora dels seus processos operatius on la IA pot aportar-hi valor i que s'acabi establint un full de ruta d'actuacions **prioritzades, dimensionades i alineades** amb l'estratègia general de l'entitat.

Per altra banda, cal també assegurar la igualtat d'oportunitats en l'adopció de la IA per part de tots els centres, doncs no totes les entitats compten amb els mateixos recursos econòmics. Els recursos disponibles haurien de fer possible l'escalabilitat de la IA al conjunt del territori. Les organitzacions més petites haurien de poder beneficiar-se de la col·laboració en grups d'innovació en IA aplicada a la salut, mentre que les organitzacions més grans, a través dels seus centres d'excel·lència podrien fer possible col·laboracions regionals i públiques-privades per escalar encara més la IA.

Els principals objectius i resultats assolibles serien:

- Conèixer les possibilitats i **beneficis** que pot aportar l'analítica avançada de dades i la IA en els diferents centres.
- Identificació de les **oportunitats de millora** en els diferents processos operatius i de negoci de l'organització d'acord amb les necessitats i reptes operatius i de negoci.
- **Priorització** de les actuacions per maximitzar l'impacte i el benefici de la incorporació de la IA minimitzant el cost i la inversió associada.
- Agilitzar la **incorporació** en l'operativa real de cada centre dels nous models d'analítica de dades i de IA que es desenvolupin.
- Garantir l'èxit en el desenvolupament, la gestió, el manteniment i l'evolució dels models de dades i de IA desenvolupats al llarg del temps a través d'una **gestió sistematitzada** amb l'ús de metodologies, bones pràctiques, eines i estàndards.
- Adaptació de l'**estructura organitzativa** de cada centre per facilitar i sistematitzar la innovació i l'adopció de les tecnologies avançades d'analítica de dades i de IA.
- Facilitar la planificació de la **gestió del canvi** dins les organitzacions.
- Facilitar la **capacitació dels treballadors** implicats i la incorporació de talent si escau.

¹ FINDATA. Social and Health Data Permit Authority <https://www.findata.fi/en/>

- Facilitar la col·laboració amb l'**ecosistema de recerca** i l'accés a finançament públic per desplegar els plans d'actuacions.
- Identificació de **sinèrgies** entre les diferents entitats de l'ecosistema de salut.

3. **Creació d'entorns de proves.** La Comissió Europea, en el seu Coordinated Plan on Artificial Intelligence¹ vol impulsar l'establiment d'instal·lacions per a proves de referència mundial, seguint la premissa que és indispensable l'experimentació i la capacitat de realitzar proves en entorns reals si es vol fer possible la introducció de les tecnologies de la IA al mercat.

El sector de la salut és un dels escollits per la Comissió Europea per desenvolupar aquestes instal·lacions, amb la possibilitat d'emular el sistema actual de sandbox de l'entorn financer, amb una regulació específica que faciliti el desenvolupament de projectes mixtes entre les organitzacions de la salut i la indústria, i que permeti el treball conjunt del personal sanitari i dels tècnics.

Per tant, es considera s'hauria d'aprofitar aquest impuls de la Comissió Europea per posicionar Catalunya com a centre de referència de proves del sector.

Els principals objectius i resultats assolibles serien:

- Establiment i validació del **model de governança** de compartició de dades.
- Establiment i validació dels **mecanismes i funcionalitats** per a una compartició de dades sistematitzada i dinàmica.
- **Validació** de noves tecnologies d'analítica avançada i d'IA en salut, ja siguin resultat de recerca o innovació.
- **Test, validació i viabilitat** dels nous models de dades i de IA aplicada a la salut dels ciutadans.
- **Estandardització** amb l'elaboració de mètriques i guies per a l'avaluació dels nous models de IA.
- Permetre desenvolupar un **ecosistema d'innovació local** que faciliti la innovació público-privada.
- Retenció i captació de **talent**.
- Tracció posterior per incorporar les tecnologies i models d'analítica avançada i la IA en **entorns en producció** i operativa real.
- **Posicionament** de Catalunya com a referent en la recerca i la innovació en analítica avançada de dades i IA en salut.

4. **Facilitar la innovació público-privada.** És fonamental que s'estableixin marcs permanents entre l'administració pública i el sector privat per tal de consolidar i assegurar l'impuls de la IA en el sector de la salut.

El principal objectiu és la creació d'entorns segurs que facilitin i impulsin la col·laboració i la inversió público-privada, amb la configuració de models econòmics que afavoreixin un desenvolupament sostenible de l'ecosistema d'innovació d'acord amb la contribució realitzada per part dels diferents actors en la creació de valor realitzada.

¹ Coordinated Plan on Artificial Intelligence. Comissió Europea.
https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=56017

Les administracions públiques, com a gestores dels serveis sanitaris, haurien d'impulsar els projectes innovadors, facilitant la creació i la coordinació d'un marc o taula sectorial estable, oberta a tots els actors de l'ecosistema, per fomentar la reflexió, la col·laboració, la sinèrgia i la promoció de projectes innovadors en salut i IA de manera sistematitzada.

Els principals objectius i resultats assolibles serien:

- Definició del **procés a seguir** i dels **models de propietat intel·lectual i econòmica** per a la possible comercialització, posada en producció i integració dels nous models de IA en el sistema de salut de Catalunya, amb coherència amb la contribució de la creació de valor realitzada per part dels diferents actors.
- Permetre una **coordinació** òptima mitjançant una **estratègia** comuna en innovació en salut, identificant oportunitats i sinèrgies de col·laboració entre els actors de l'ecosistema de salut que permeti maximitzar tant **l'impacte** com l'estalvi de recursos públics en la innovació en IA en salut, però garantint sempre un entorn de competència per maximitzar la qualitat dels resultats de l'activitat realitzada.
- Definició del **marc legal, de transparència i ètica** entre institucions públiques i sector privat.
- Determinació dels **recursos** per la col·laboració estable.
- Facilitar l'accés a **finançament**.
- **Estandardització** dels processos de licitació envers la tecnologia.
- Promoure la inversió en **capital risc** i l'impuls de la iniciativa privada en la innovació i recerca en salut basada en IA.

5.5.1. Propostes amb impacte i viabilitat de grau mig

Per altra banda, en aquest grup es contemplen aquelles propostes que es considera que, o bé, no tenen un impacte tan elevat en un punt inicial d'incorporació de la IA, o bé, aquelles propostes que sí tenen un impacte important, però que en general la seva factibilitat per portar-les a terme és més complexa degut a la quantitat d'actors implicats, i a la dependència amb d'altres òrgans competents fora de l'àmbit català.

5. **Combatre la resistència al canvi en les organitzacions.** És important assegurar la implicació dels professionals per tot el coneixement que tenen respecte les problemàtiques i necessitats reals dels serveis de salut. Cal fer partícip, formar i acompanyar als professionals de salut durant tot el procés d'incorporació de la IA en l'organització, ja des de l'inici amb la definició de l'estratègia digital i del primer full de ruta, però també en la validació dels nous models i en el possible impacte en els procediments actuals o canvis en la manera de treballar.

Cal també fomentar l'establiment d'equips interdisciplinaris en els dominis de la salut i de dades per agilitzar i assegurar el màxim retorn i l'èxit dels projectes que es portin a terme. La formació als professionals de la salut a treballar amb tecnologia i la incentivació que els metges disposin de temps específic per la gestió de projectes d'innovació, així com la definició de noves posicions mixtes en els equips seran claus també per assegurar l'adopció real de la IA a mig termini.

Els principals objectius i resultats assolibles serien:

- **Sensibilitzar** al personal sanitari sobre els avanços que es poden aconseguir, per exemple, mitjançant la presentació de casos d'èxit senzills.
- **Definir un programa de formació** en projectes basats en dades i IA, adreçat específicament a professionals de la salut.
- Dotar **d'hores de dedicació** del personal sanitari per recerca i projectes d'innovació.
- Definir uns protocols per la **creació d'equips interdisciplinaris** i per l'organització de projectes de IA.
 - o En aquests protocols és important que els clínics s'impliquin des del començament sobretot per plantejar les problemàtiques i disseny de les proves.
 - o En alguns casos caldrà la definició de noves estructures amb posicions mixtes.
 - o Tractar de forma especial la transparència dels projectes i solucions de la IA.

6. **Formació i retenció de talent expert.** Es considera també necessari potenciar l'oferta formativa existent a nivell de recursos educatius especialitzats i dirigits als professionals de la salut, i a la vegada, en aconseguir una oferta formativa amb una valoració oficial a nivell universitari.

Els principals objectius i resultats assolibles amb aquesta actuació serien:

- **Increment del talent** expert en el domini conjunt IA i salut.
- **Recapacitació** de personal de la salut.
- **Enfortiment** de l'ecosistema local de proveïdors de IA i salut.
- **Increment del potencial d'emprenedoria** en el territori.

7. **Sensibilització de la ciutadania.** L'opinió pública és molt important en el cas de la salut, és fonamental posar de relleu que l'ús de les dades en la salut és pel bé comú. L'actuació contempla per una banda, la definició d'una estratègia de sensibilització a nivell de territori, dirigida tant al ciutadà com als professionals de la salut, analitzant les avantatges i beneficis de la incorporació de la IA, però també la configuració d'un pla de suport per fer front i donar cobertura als possibles canvis, barreres i impactes associats.

Els principals objectius i resultats assolibles amb aquesta actuació serien:

- **Potenciació de la informació** als pacients i ciutadans en general.
- Agilització de la **posada en marxa dels nous serveis i casos d'ús** al sector de la salut, i minimització de la resistència al canvi inicial associat a termes de transparència, ètica, privacitat, seguretat i d'impacte laboral.
- **Afavoriment de la recapacitació** professional dels treballadors implicats.
- Facilitació a les organitzacions la **gestió del canvi interna**.



6. Autoria i agraïments

Aquest document ha estat impulsat pel CIDAI, Center of Innovation for Data Tech and Artificial Intelligence, entitat definida a l'estratègia CATALONIA.AI i que té com a missió fomentar i accelerar l'adopció de tecnologies innovadores d'explotació de dades i Intel·ligència Artificial a Catalunya.

El CIDAI està coordinat per Eurecat, i està format pel Departament de la Vicepresidència i de Polítiques Digitals i Territori de la Generalitat de Catalunya, l'Ajuntament de Barcelona, BSC, CVC, i2CAT, IDEAI-UPC i les empreses NTT Data, Microsoft i SDG Group.

El Llibre Blanc sobre l'aplicació de la IA en l'àmbit de la Salut s'ha elaborat amb la valuosa contribució i assessorament de diversos experts del sector, la qual cosa ha permès copsar i analitzar la realitat del sector a Catalunya. CIDAI agraeix la seva dedicació i suport en l'elaboració d'aquest document. La participació ha estat la següent:

Redactors

- EURECAT: Maria Gisbert, Circe Serra, Lluís Surroca.

Contribuïdors

- EURECAT: Felip Miralles, Vicent Ribas
- FUNDACIÓ TIC SALUT Social: Carlos Gallego, Joan Guanyabens
- BSC: Marina Valls, Davide Cirillo, Alba Jen
- CVC : Carlos Sierra, Debora Gil, Carles Sanchez, Xavier Llopis
- IDEAI-UPC: Karina Gisbert, Alfredo Vellido

Revisors

- CIDAI: Joan Mas, Marco Andrés Orellana

Assessors

- MICROSOFT: Carlos Montes, Bert Horne, Veronica Jagher
- NTT Data: Maria Jesús Cancer, Jose Miralles
- SDG: Joan Bou, Diego Della
- GENERALITAT DE CATALUNYA: Daniel Santanach
- AJUNTAMENT DE BARCELONA: Anna Majó
- FUNDACIÓ i2CAT: Xavier Costa
- EURECAT: Josep M^a Blas

Comitè d'experts (*Think Tank*) consultats

- EITHEALTH. Cristina Bescos. EITHealth
- VALL D'HEBRON: Giorgio Colangelo, Manel Escobar
- PARC TAULÍ HOSPITAL UNIVERSITARI- I3PT: José Ibeas, Leonardo Sarlabous
- HOSPITAL DEL MAR: Jordi Martinez
- HOSPITAL TRUETA: Salvador Pedraza
- CAT SALUT: Jordi Piera
- METHINKS: Pau Rodríguez
- ICS-CATALUNYA CENTRAL: Josep Vidal Alaball



ANNEX I. Presentació de casos d'ús il·lustratius

En el present estudi s'han identificat un conjunt de 26 casos d'il·lustratius de projectes destacables promoguts per agents catalans en l'aplicació de IA en salut. Per a cadascun dels casos d'aplicació s'identifiquen els següents aspectes (amb lleugeres modificacions al tractar-se de casos impulsats per empreses o bé de projectes de recerca):

- **REPTES:** Quin és el repte que vol solucionar?
- **SOLUCIÓ:** En què consisteix la innovació (projecte/ solució)? Quin és l'objectiu del projecte?
- **PERFIL TECNOLÒGIC:** Com s'aplica la intel·ligència artificial en el cas? Com funciona la solució proposada?
- **DURACIÓ** (sols per projectes de recerca): Quina és la durada del projecte?
- **PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR:** Quina empresa/consorci impulsor està al darrere de la innovació? (país origen, àmbit d'especialització, etc.)
- **ENTITAT FINANÇADORA** (sols per projectes de recerca): Quina entitat ha donat el suport financer necessari per l'execució del projecte.
- **BENEFICIS DERIVATS:** Quines implicacions té pel sector mobilitat? Quins aprenentatges es poden concloure del cas d'ús presentat?
- **LÍNIES DE FUTUR:** Quin és el potencial de creixement i escalat del cas il·lustratiu? Quines són les futures línies estratègiques dels impulsors?
- **CONTACTE:** Identificació del web, mail i telèfon de contacte dels impulsors del projecte.

Cadascun dels casos presentats s'ha classificat en relació a quins dels reptes principals de la salut té el potencial a donar resposta (reptes presentats a l'apartat 2.3 Reptes del sector del present document)

A l.1. Suport al diagnòstic

Cas il·lustratiu	LUCAD-Alert
REPTE	Detectar nòduls de pulmó potencialment cancerígens en plaques de tòrax no informades per radiòlegs.
OBJECTIU	Desenvolupar noves metodologies i eines d'intel·ligència artificial i visió per computador, per la anàlisi d'imatges de rajos X per a la detecció de masses/nòduls.
PERFIL TECNOLÒGIC	S'ha utilitzat eines de Deep Learning basades en xarxes convolucionals primerament per a detectar les imatges d'interès (tòrax frontal). Sobre aquestes imatges s'hi aplica un altre algorisme de DL el qual realitza la detecció i presenta les imatges amb una major probabilitat de nòdul per a la seva validació pel servei de radiologia. S'ha automatitzat tot el procés des de la lectura de les imatges fins a la presentació dels casos rellevants als radiòlegs.
DURACIÓ	2018-2021
TRL	TRL-6 provat en un entorn de validació del Consorci Sanitari Parc Taulí.
IMPULSORS, CONSCORCI	EURECAT amb col·laboració de la col·laboració del consorci Sanitari Parc Taulí, i d'universitats catalanes (UPF i UB).
ENTITAT FINANÇADORA	PRI-2018, Beca Doctorat-Industrial(DI-087), Beca Vicente-López
BENEFICIS DERIVATS	El sistema detecta una mitjana d'un cas mensual de càncer de pulmó que s'hauria detectat pel sistema de salut fins a dos anys després. Aquesta taxa extrapolada a Catalunya resulta en 244 casos anuals.
LÍNIES DE FUTUR	Integració de l'eina als sistemes hospitalaris i validació en un estudi multicèntric.
Contacte	Vicent.ribas@eurecat.org

Cas il·lustratiu	DEEPLUNG-CT
REPTE	Millorar taxa de detecció, quantificació de creixement i predicció de malignitat de nòduls pulmonars.
OBJECTIU	Desenvolupar noves metodologies i eines d'intel·ligència artificial i visió per computador, per l'anàlisi puntual i temporal d'imatges de TACs de pulmó.
PERFIL TECNOLÒGIC	Utilitzant Deep Learning s'han construït diversos models de detecció, segmentació, predicció i de similitud basats en imatge 2D/3D i 4D. A més s'han creat processos d'automatització per executar els models end-to-end.
DURACIÓ	2018-2021
IMPULSORS, CONSCORCI	EURECAT amb col·laboració de la Vall d'Hebron Institut de Recerca (VHIR), i d'universitats catalanes (UPF i UB).
ENTITAT FINANÇADORA	PRI-2018, Beca Doctorat-Industrial(DI-087), Beca Vicente-López
BENEFICIS DERIVATS	A nivell qualitatiu i quantitatiu la recerca realitzada permet millorar l'eficiència en la detecció, quantificació del creixement i predicció de malignitat dels tumors de pulmó

LÍNIES DE FUTUR

Millorar la interpretabilitat i incorporar incertesa als resultats de tots els models proposats. Desenvolupar producte/eina (web) que inclogui les funcionalitats més innovadores proposades. Testejar els models amb més dades i de diferents centres clínics.

Contacte

xavier.rafael@eurecat.org

Cas il·lustratiu

SAURON Opt Retina

REPTE

Les malalties de la retina i nervi òptic suposen la primera causa de ceguera no reversible al nostre entorn. Actualment només es realitza cribratge de la retinopatia diabètica en els pacients diabètics coneguts. La primera lectura és a càrrec dels metges d'atenció primària amb una important repercussió de recursos tant en formació com en avaluació de les imatges. No existeixen programes de detecció precoç per malalties com la degeneració macular associada a l'edat o el glaucoma que són tan prevalents o més com la retinopatia diabètica.

SOLUCIÓ

L'aplicació d'intel·ligència artificial basada en xarxes neuronals, en imatges de fons d'ull, és un sistema eficaç i efectiu per a la detecció precoç de malalties de la retina central i de la papil·la sospitosa de glaucoma. La incorporació de sistemes d'intel·ligència artificial permetrà augmentar l'espectre del cribratge, no només per retinopatia diabètica sinó també per glaucoma, degeneració macular associada a l'edat i altres malalties maculars, a més de reduir la càrrega assistencial dels metges d'atenció primària.

Els objectius específics del projecte serien:

1. Valorar l'eficàcia de la IA per a la detecció de malalties de la retina central i papil sospitosa de glaucoma, comparant-la amb la lectura humana realitzada per oftalmòlegs especialistes en retina i metges de família
2. Valorar els costos de sistema en comparació amb la lectura humana realitzada en l'actualitat

Les imatges de retinografies son captades per les càmeres no midriàtiques de forma similar al cribratge de retinopatia diabètica. Des de els ordinadors de les càmeres les imatges s'envien de forma segura i encriptada fins als servidors d'Optretina als quals avaluen mitjançant algoritmes creats a partir de xarxes convolucionals:

1. Tipus d'imatge
2. Qualitat de la imatge
3. Lateralidad

Per cada pacient s'escull la imatge de millor qualitat per cada ull i es passen els algoritmes de patologies

PERFIL TECNOLÒGIC

1. Retinopatia diabètica
2. Degeneració macular associada a l'edat
3. Papil·la sospitosa de glaucoma
4. Nevus coroidal
5. Altres maculopaties

Aquests algoritmes estan basats en els algoritmes creats per Optretina, la primera versió dels quals està publicada: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32103888>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7025650/pdf/oph-14-419.pdf>

La solució holística dels algoritmes de cada un dels ulls es resum en un informe que es torna al centre emissor, amb les recomanacions establertes segons criteris, si ha de visitar a l'oftalmòleg o ha de fer controls periòdics.

PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Optretina SL. Especialistes en telemedicina i salut digital
BENEFICIS DERIVATS	Els possibles beneficis de l'aplicació IA a aquest nivell serien: Pacients: es poden beneficiar no sols els pacients diabètics coneguts sinó tots aquells pacients en risc de patir una malaltia a la retina: Majors de 50 anys, fumadors, antecedents familiars. Els pacients poden sapiguer l'avaluació al moment, sense necessitat de esperar setmanes com passa actualment. Professionals: Aquesta iniciativa ens permetria millorar la càrrega assistencial dels equips de atenció primària sense treure qualitat. Els oftalmòlegs disposaran de més programes de detecció precoç que pot facilitar el tractament d'aquests pacients. Sanitat pública: Els programes de detecció precoç de malalties de retina i nervi òptic podrien fer-se més amplis, millorant el cost-efectivitat dels programes.
LÍNIES DE FUTUR	Un cop validada l'eina de forma prospectiva en el comparatiu amb les lectures humanes s'hauria d'expandir la seva utilització a d'altres centres d'atenció primària del territori. Dins dels futurs passos es preveu la millor dels algoritmes i la incorporació de nous algoritmes d'altres patologies menors.
Contacte	https://www.optretina.com/

Cas il·lustratiu	Aplicació d'Intel·ligència Artificial en imatge mèdica a Catalunya per a la millora en la detecció d'anomalies renals
REPTE	El repte fonamental que planteja el projecte és, a partir d'un model d'Intel·ligència Artificial existent, dur a terme un re-entrenament del mateix amb l'objectiu de fer-lo més global. És a dir: considerar dades (TCs abdomino-pèlvics) d'altres geografies diferents de les dades utilitzades originalment i considerar malalties i anomalies addicionals.
SOLUCIÓ	La solució persegueix entrenar un model d'Intel·ligència Artificial capaç d'identificar si en un determinat estudi abdomino-pèlvic, existeix o no existeix algun tipus de malaltia o anomalia en els ronyons.
PERFIL TECNOLÒGIC	Es pretén que el model d'Intel·ligència Artificial re-entrenat, pugui ser utilitzat per professionals radiològics en la identificació d'anomalies en el ronyó. Es plantegen dos usos fonamentals: Com a eina de suport a la decisió en determinar si hi ha / no hi ha anomalia en un ronyó i com a eina de prioritització de pacients atenent el tipus d'anomalia identificada pel model de IA.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	El projecte s'executa en el marc d'una col·laboració entre NTT Data i NTT Data Europe (abans Everis) com a proveïdors Tecnològics del model de IA, mentre que la Fundació Puigvert aporta la seva experiència en l'àmbit de la radiologia, i facilita els TC abdomino-pèlvics per al re-entrenament del model.
BENEFICIS DERIVATS	A nivell quantitatiu s'han establert una sèrie d'indicadors (sensibilitat, precisió i especificitat). L'objectiu és millorar aquests indicadors. A nivell qualitatiu s'espera que la intel·ligència artificial pugui donar suport i contribuir a un diagnòstic més àgil de malalties renals. Una de les lliçons apreses de l'execució d'aquest projecte és la necessitat d'incloure als professionals radiològics per determinar com la tecnologia de IA s'hauria d'adoptar a la pràctica clínica
LÍNIES DE FUTUR	El projecte està actualment entrenant i ajustant el model. L'objectiu a futur és estendre el projecte a altres òrgans de la regió abdomino-pèlvica. També millorar els indicadors dels models de negoci per a la seva implantació a la pràctica clínica.
Contacte	José Ignacio Aznar - Líder de projecte

Cas il·lustratiu

IPAMM (Identificació de Perfils d'Agitació en Malalts Mentals)

REpte

Les persones amb afectacions de salut mental poden patir en certes ocasions episodis d'agitació amb altíssim risc per la seguretat dels que els envolten i també per la seva pròpia integritat. Mitigar aquests episodis requereix de molts recursos personals i farmacològics amb un cost difícil de conèixer, donada la multiplicitat d'accions i actors que intervenen en l'episodi de mitigació. Conèixer aquesta dada és clau per a valorar l'ús de determinats fàrmacs de nova generació que redueixen els episodis d'agitació i la seva intensitat quan es donen, els quals presenten costos molt elevats per un sistema de salut pública, a primera impressió. Però que pot no ser tan alt quan es compara amb el cost en recursos humans i ingressos hospitalaris associats a aquests propis episodis. L'interès del projecte és quantificar els costos en recursos humans, farmacologia i actuacions (habitacions amb parets protegides, espais d'aïllament, etc) involucrades realment en la mitigació d'aquest tipus d'episodis.

SOLUCIÓ

En aquest cas s'utilitzen els reports d'infermeria dels pacients (recollits en llenguatge natural a la història clínica del projecte) conjuntament amb la informació addicional sobre el pacient. Una anàlisi de llenguatge natural permet extreure'n símptomes i actuacions i es pot utilitzar aquesta informació com a entrada per un procés de clustering que identifica els tipus d'episodis d'agitació. La component de classificació automàtica enllaça amb un simulador dels costos de l'episodi que utilitza eines de representació del coneixement i ciència de dades.

PERFIL TECNOLÒGIC

Extracció de característiques a partir del text de les notes d'infermeria
Connexió amb ontologies de símptomes d'agitació, mesures d'intervenció i resultats
Implementació d'un cicle de case base reasoning sobre les recomanacions en cada cas
Associació de recomanacions d'expert a les diferents tipologies identificades pel procediment de clustering

PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR

Parc Sanitari de Sant Joan de Deu i KEMLG d'IDEAI-UPC

BENEFICIS DERIVATS

El sistema construït troba els perfils d'agitació dels pacients, els símptomes, i actuacions utilitzats per cada perfil, i el resultat de la intervenció.
El simulador permet fer una mica de what-if analysis i entendre com reaccionarà un pacient agitat de certes característiques davant certa mesura d'intervenció.

LÍNIES DE FUTUR

La tecnologia dissenyada va servir per reportar el cost real d'aquests tipus de d'episodis i poder avaluar convenientment si val la pena o no, des del sentit de sanitat pública, la inclusió d'un cert fàrmac al mercat elegible des de la salut pública

Contacte

Karina Gibert (KEMLG-IDEAI) Karina.gibert@upc.edu

Cas il·lustratiu	SYCAI
REpte	Sycal Medical vol facilitar el diagnòstic precoç de càncer de pàncrees per imatge. El càncer de pàncrees és el més mortal dels càncers comuns, amb una esperança de vida mitja de menys de 5 mesos des del diagnòstic i una taxa de supervivència a 5 anys d'un 5%. En un de cada tres casos diagnosticats, haver-lo detectat de manera precoç hauria significat la diferència entre la vida i la mort del pacient. Per aquest motiu, avui els radiòlegs vigilen qualsevol lesió que apareix en el pàncrees amb proves periòdiques d'imatge, a vegades de per vida.
SOLUCIÓ	Hem desenvolupat un assistent digital per a radiòlegs que els ajuda a detectar lesions en el pàncrees sobre TACs o ressonàncies magnètiques, classificant-les i oferint una predicció de la probable evolució de cada lesió. A més, automatitzem el procés de vigilància de les lesions, estalviant temps i esforç al radiòleg en aquelles tasques més mecàniques de vigilància d'aquests pacients.
PERFIL TECNOLÒGIC	El nostre producte és un software basat en intel·ligència artificial capaç de localitzar i classificar lesions pre-canceroses en el pàncrees a partir d'imatges de TACs i ressonàncies. A través d'una xarxa neuronal de disseny propi i un enfocament tècnic especialment dissenyat per a la localització d'aquest tipus de lesions, aconseguim incrementar la capacitat dels radiòlegs per a classificar aquestes lesions. Transformem el procés d'inspecció visual per al diagnòstic i seguiment d'aquests pacients, generant, en menys de 5 minuts, un informe estandarditzat amb la informació del tipus de lesió, el seu creixement en les proves successives i el seu potencial de derivar en càncer, disminuint així el temps de diagnòstic i assistint al radiòleg en la definició d'un protocol de tractament especialitzat pel pacient.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Sycal Medical és una startup tecnològica fundada a Barcelona el 2020 per un enginyer i doctor en visió per computadora, una doctora en biomedicina especialitzada en pàncrees, una enginyera i MBA i una gastroenteròloga especialitzada en l'aplicació de la intel·ligència artificial en la captació de la imatge
BENEFICIS DERIVATS	Els beneficis són fonamentalment 3; En primer lloc, redueix l'infradiagnòstic que actualment tenen les lesions quístiques en el pàncrees, ja que s'estima que fins un 50% de les lesions existents, avui no són diagnosticades. A més, un 70% de les diagnosticades es troben de manera incidental mentre s'analitzaven altres òrgans. En segon lloc, s'anticipa el diagnòstic de càncer de pàncrees a través de la classificació de les lesions potencialment precursoras, oferint, d'aquesta manera, informació crucial pel radiòleg. I per últim, ajuda a redistribuir els recursos, estalviant temps als professionals sanitaris, prioritzant aquells casos amb casuístiques més complexes i aquells pacients amb més probabilitat de malignitzar.
LÍNIES DE FUTUR	Actualment hem desenvolupat un prototip funcional que estem provant a un hospital de Barcelona en un estudi amb més de 600 pacients, i començarem a provar-lo en un altre en breus. A partir d'aquí, completarem la validació clínica de la solució per a obtenir el marcat CE com a Medical Device de classe IIa i començarem la comercialització.
Contacte	https://www.sycalmedical.com info@sycaltechnologies.com Tel: +34 93 702 32 16

Cas il·lustratiu	Methinks
REPTE	L'objectiu de Methinks és reduir el temps al tractament millorant el TAC sense contrast després de l'avaluació bàsica de l'ictus. L'impacte global de l'ictus: es diagnostiquen cada any +7,2 milions de persones Methinks podria estalviar: 97.308 discapacitats, 40.392 vides + 4.8B € a sistemes sanitaris o famílies.
SOLUCIÓ	Methinks AI és una eina de IA per diagnosticar l'ictus i avaluar tractaments d'estalvi en viu només a partir de TAC sense contrast, superant la necessitat d'un TAC de contrast i reduint el temps de tractament. Ha rebut premis de reputació, tal com la Medalla d'Or en el Concurs de Detecció d'Hemorràgies Intracranials organitzat per la Societat Radiològica d'Amèrica del Nord (RSNA) el novembre de 2019. i s'ha presentat en congressos mèdics internacionals.
PERFIL TECNOLÒGIC	Model SaaS. Les imatges sense contrast no mostren la vascularitat del cervell, les imatges de contrast mostren com flueix la sang. Methinks identifica la ubicació del coàgul i el teixit afectat sense necessitat de TAC de contrast. És més que una aplicació de IA però també un sistema de comunicació
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Methinks IA. Ha estat guardonat en competicions mundials de IA amb +1200 sol·licitants amb la Medalla d'Or en el Concurs de Detecció d'Hemorràgies Intracranials per RSNA (Societat Radiològica d'Amèrica del Nord). També hem rebut una subvenció de CDTI i equity fundraising i tenim ofertes de llicències.
BENEFICIS DERIVATS	Maximització del potencial de TAC sense contrast, contractat 6 nous membres de l'equip, millora del rendiment dels productes, Infraestructura de productes construïts, Estratègia AR & QA definida, Conjunt de dades recopilat per a les oportunitats de Core + Clot ID Iniciat BD.
LÍNIES DE FUTUR	Es necessiten 1,2 M €: per fer assaigs clínics, procés regulador i tenir un producte preparat al mercat en un termini de 18 mesos.
Contacte	Pau Rodríguez, CEO - p.rodriguez@methinks.ai - www.methinks.ai

A I.2. Planificació i guiat d'intervencions

Cas il·lustratiu	CYBERLUNG: Cyber-Physical Bronchoscopy Navigation System for Lung Cancer Biopsy
REPTE	Els exàmens de broncoscòpia permeten la biòpsia de nòduls pulmonars amb un risc mínim per al pacient i, per tant, són molt valuables per al diagnòstic del càncer de pulmó. Tot i això, la principal limitació de la broncoscòpia és la dificultat per arribar a lesions perifèriques. Els procediments de diagnòstic broncoscòpic convencionals es guien visualment mitjançant fluoroscòpia radiant i tenen un rendiment diagnòstic mitjà al voltant del 63,7%. Duren 20 minuts / intervenció i requereixen 7 més de radiació repetitiva del pacient
OBJECTIU	L'objectiu principal del projecte es basa en el desenvolupament d'un nou sistema híbrid de navegació broncoscòpica sense radiació basat en la fusió de dades IMU i vídeo capaç de proporcionar instruccions per guiar els metges a través de l'arbre de les vies respiratòries per arribar al nòdul en temps real
PERFIL TECNOLÒGIC	CYBERLUNG és un sistema de navegació broncoscòpica ciberfísica per a la biòpsia del càncer de pulmó que ofereix informació de posició i rotació obtinguda d'una combinació híbrida d'entrades. La informació anatòmica extreta de la videobroncoscòpia serveix per fer coincidir la intervenció actual amb una ruta prèviament planificada. Per a una millor portabilitat del sistema, els camins previs es calculen mitjançant un mòdul de planificació que és capaç de processar en un ordinador local o al núvol com a diagnòstic com a servei (DaaS). L'orientació per a la guia final de l'instrument és proporcionada per un cap de detecció desplegat al canal de treball del broncoscopi. El cap està connectat a una unitat de processament externa que aprofita la informàtica heterogènia per obtenir un processament en temps real rendible per convertir les dades del sensor en una estimació precisa de la posició. Incorpora HCI per facilitar-ne l'ús sense alterar els protocols d'intervenció clínica. CYBERLUNG proporciona una nova solució eficient en el diagnòstic del càncer de pulmó en termes d'exposició temporal a la radiació.
DURACIÓ	2016 – 2022
TRL	TRL:4 La validació al laboratori de diferents parts del sistema (VBN i SBN) s'ha realitzat individualment; s'ha provat una arquitectura basada en SaaS i un sistema de guiatge híbrid amb un braç robotitzat
IMPULSORS, CONSCORCI	CVC, UAB , Can Ruti
ENTITAT FINANÇADORA	MINECO-RETOS, AGAUR-PRODUCTE, La Marató de TV3
BENEFICIS DERIVATS	La integració d'informació en línia i fora de línia ofereix noves eines de diagnòstic que proporcionen un diagnòstic millorat de malignitat mitjançant una endoscòpia flexible. Esperem augmentar el diagnòstic de lesions petites fins al 85%. Es tracta d'un augment del 45% respecte al procediment convencional (guiat per fluoroscòpia) sense un augment del cost d'intervenció associat als sistemes existents d'orientació assistida (una llicència LungPoint ronda els 150000 \$). Una millora del rendiment diagnòstic redueix els costos de seguiment evitant el nombre de procediments d'endoscòpia realitzats per pacient o altres proves diagnòstiques (tomografia computada). En particular, esperem que CYBERLUNG redueixi la cirurgia toracoscòpica inútil a <1% i la variabilitat en el diagnòstic final a <5%. Això implica una reducció dels danys físics i psicològics mitjançant recomanacions de vigilància immediata i oportunitats de tractament per a la malaltia en fase inicial. CYBERLUNG permet als participants actuar com a experts i, per tant, millora la qualitat del procediment i la comoditat del pacient.
LÍNIES DE FUTUR	diagnòstic in-vivo de lesions; ampliar el sistema per guiar altres intervencions endoscòpiques

Contacte

<http://iam.cvc.uab.es/portfolio/bronchox>

Debora Gil (debora@cvc.uab.cat), Carles Sánchez (csanchez@cvc.uab.cat)

Cas il·lustratiu

Codificació d'actuacions i extracció d'informació de textos mèdics

REPTE

La codificació de les actuacions realitzades durant el curs de les actuacions de salut es imprescindible per a realitzar la correcta gestió i seguiment de les mateixes, La tasca de codificació es tediosa, consumeix temps i es susceptible de contenir errors que impacten el la qualitat dels serveis i en la rendibilitat de les persones i àrees de servei.

Els documents mèdics i de salut contenen multitud de informació en els seus texts i notes que sovint escapen de les possibilitats d'anàlisi i validació de condicions que poden ser importants pel tractament del pacient i impactar en les seves probabilitats de rebre un tractament adequat.

SOLUCIÓ

Codificació automàtica d'informes mèdics i d'infermeria redactats pels facultatius per a usos diversos en qualsevol àmbit. Especialment útil en àrees d'atenció amb alta càrrega de treball i pressió en el temps d'execució (urgències, atenció primària, etc ..) (ICD-9, ICD-10, taxonomies i ontologies pròpies, etc..).

Anàlisi i extracció d'informació mèdica i informes de procediments sanitaris en atenció primària, secundària i terciària (inclosos SOAP o variants) inclosos o no en HCEs. Molt útil per a obtenció d'informació normalment recollida i no accessible en les notes mèdiques com antecedents mèdics, condicions concurrents, història clínica familiar, condicionants socials o familiars, tractaments o intervencions prèvies, medicació o tractaments aparentment no relacionada amb el cas, etc..

Cogito és una plataforma de IA cognitiva dotada d'un motor cognitiu de comprensió del llenguatge natural basat en l'aplicació d'un "grafo de coneixement" patentat i desenvolupat al llarg de més de 20 anys (Sensígraf) que es capaç de comprendre el llenguatge natura, de capacitats lingüístiques ampliades per la comprensió del llenguatge científic i mèdic, de taxonomies mèdiques, farmacèutiques i de biociència i de regles lingüístiques i de negoci.

PERFIL TECNOLÒGIC

Treballant amb més de 14 idiomes, el motor semàntic profund Cogito pot extreure categories, entitats, esdeveniments, emocions i atributs d'estilometria de contingut no estructurat. Per tant, disposa de les capacitats i les funcions avançades de descobriment de coneixement i dades en texts redactats per persones que permeten l'automatització de processos de negoci i descobriment de coneixement en grans volums de informació no estructurada. A més, Cogito es pot combinar amb algoritmes de Machine Learning (ML o DL) per tal de tenir un motor d'anàlisi de text HÍBRID únic.

PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR

Expert.ai és una PIME europea fundada a Mòdena (Itàlia) el 1989 i centrada en la tecnologia d'intel·ligència artificial cognitiva. Oficines a Espanya, Itàlia, França, Suïssa, UK, Alemanya i USA. Expert.ai Iberia te les seves oficines a Barcelona (Sant Cugat del Vallès) amb un equip local de 35 persones.

La tecnologia Cogito té diversos avantatges inherents a la seva naturalesa. Alguns són:

BENEFICIS DERIVATS

És Explicable: No existeixen "caixes negres" en el procés, que redueixen la confiança, compliquen la aplicació i verificació de l'ús de les solucions d'altres tecnologies de la IA, com el ML o el DL. Això augmenta la fiabilitat, la confiança dels usuaris, la millora continua i evita biaixos i errors tant freqüents i perillosos en sistemes d'aprenentatge automàtic.

No es necessari entrenar el sistema, ja que la tecnologia ja és capaç de entendre el llenguatge natural (14 idiomes) i el llenguatge mèdic/científic/farmacèutic.

Desplegament ràpid i fiable: Els projectes estan operatius i en producció en poques setmanes

LÍNIES DE FUTUR

El producte es comercialitzat des de fa anys, disposa de roadmap evolutiu i la tecnologia i les solucions desenvolupades al seu voltant ja està en funcionament en més de 300 grans empreses

d'àmbit internacional, en alguns casos des de fa més de 15 anys (Veure referències sectorials a la nostra web)

Contacte	Web:	www.expert.ai/es
	Contacte:	Emili Mata - Sales Director - emata@expert.ai

A I.3. Tractament personalitzat

Cas il·lustratiu	TENSORMEDICAL
REpte	L'esclerosi múltiple (EM) és a dia d'avui una malaltia sense cura i amb causa desconeguda, i el seu tractament redueix simplement la progressió dels símptomes. L'adaptació del tractament a l'evolució de la lesió cerebral en aquests pacients és crucial per la seva evolució clínica, i a dia d'avui el mètode estàndard de detecció de noves lesions i monitorització de les ja existents en pacients es basa en un anàlisi visual (i altament subjectiu per tant) del neuroradiòleg.
SOLUCIÓ	Tensormedical ofereix una solució disruptiva pel procés de diagnòstic i monitorització de pacients amb EM basada en una tecnologia que quantifica i monitoritza les noves lesions cerebrals en imatges de MRI de pacients amb EM. Gràcies a la aplicació d'intel·ligència artificial, permet augmentar en gran mesura la sensibilitat i especificitat del mètode actual (visual).
PERFIL TECNOLÒGIC	Deep Learning (convolutional neural networks) aplicada a imatges de MRI
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	En aquest projecte col·laboren la Universitat de Girona, l'Institut Diagnòstic de la Imatge i el VHIR. l'equip tècnic especialitzat en enginyeria computacional i tècniques d'intel·ligència artificial procedeix de la UdG, mentre que l'equip clínic que ha aportat el seu know-how en quan a la aplicació clínica d'aquesta tecnologia en pacients amb EM i la seva evolució; així com les imatges analitzades amb les quals s'ha entrenat l'algoritme pertanyen al IDI-VHIR.
BENEFICIS DERIVATS	L'aplicació d'AI en aquest producte permet augment la sensibilitat i especificitat del procés en un 44%, comparat amb el reconeixement visual de noves lesions que es fa servir de forma rutinària actualment. Els estudis preclínics actuals de la solució han demostrat que es detecta un 10% més de casos de EM que haguessin passat inadvertides al ull humà. Tot això ens permet millorar el diagnòstic de la malaltia, la seva monitorització i evolució dels pacients gràcies a una adaptació del seu tractament molt més efectiva, reduint per tant les despeses hospitalàries innecessàries associades al procés.
LÍNIES DE FUTUR	Actualment es pretén validar clínicament el PMV amb un assaig clínic multicèntric a nivell Europeu i avançar en la implementació del QMS al prototip funcional (2021). Posteriorment es validarà el prototip final en un altre assaig clínic multicèntric Europeu i es formalitzarà la certificació CE del producte (2022). Les primeres vendes del producte s'estimen pel Q3 de 2022. Tensormedical és una empresa amb un gran expertise tècnic (AI) i assistencial, que pretén desenvolupar noves tecnologies basades en AI en pacients amb EM però també en altres indicacions aplicant una metodologia similar, millorant la qualitat de vida de molts pacients i el servei assistencial a gran escala a nivell social.
Contacte	- Sergi Valverde (CEO) sergivalv@gmail.com - Webiste: https://www.tensormedical.ai/

Cas il·lustratiu	FARMALARM
REpte	L'adherència al tractament suposa un problema de salut pública, especialment important en les teràpies de malalties cròniques.
OBJECTIU	FARMALARM és una plataforma de seguiment clínic individualitzat. Es tracta d'una plataforma desenvolupada inicialment per controlar l'adherència al tractament mèdic en persones donades d'alta de la Unitat d'Ictus de l'Hospital Vall d'Hebron. El producte està especialment dissenyat per tractar patologies cròniques, com és el cas de l'ictus, sent possible la seva adaptació a altres patologies.
PERFIL TECNOLÒGIC	FARMALARM va ser desenvolupada inicialment per controlar l'adherència terapèutica en pacients amb ictus els mesos posteriors a l'alta. En l'actualitat integra múltiples funcionalitats: registre del perfil biomètric i de l'exercici físic, enviament de qüestionaris, enquestes i PROMs, comunicació directa amb l'equip mèdic mitjançant xat i videoxat, enviament de notificacions periòdiques, teleteràpia ocupacional i agenda. Es podrien ampliar les funcionalitats de FARMALARM mitjançant el desenvolupament d'algoritmes predictius basats en AI i Big Data per predir el perfil de risc d'ictus secundari mitjançant l'anàlisi d'adherència, factors de risc vascular, complicacions i funcionalitat dels pacients.
DURACIÓ	2014 – En curs
TRL	TRL: 6. Validació clínica realitzada principalment en la Unitat d'Ictus de l'Hospital Vall d'Hebron. Validació en curs en altres serveis de l'Institut.
IMPULSORS, CONSCORCI	VHIR/HUVH
ENTITAT FINANÇADORA	VHIR/HUVH
BENEFICIS DERIVATS	L'objectiu principal d'FARMALARM és controlar els factors de risc associats a la malaltia, reduint el nombre de complicacions i augmentant la qualitat de vida dels pacients. L'enfocament holístic i centrat en el pacient garanteix la continuïtat de l'atenció, agilitza l'eficiència de l'atenció posterior a l'hospitalització, millora la recuperació del pacient i alleuja la càrrega de les instal·lacions sanitàries al reduir el nombre de visites de pacients.
LÍNIES DE FUTUR	Determinar diferents perfils de risc utilitzant estratègies d'intel·ligència artificial, suport a tractaments de teràpia ocupacional.
Contacte	https://www.vallhebron.com/farmalarm/#product2 Dr. Carlos Molina Cateriano (cmolina@vhebron.net) i Dr. Marc Ribó Jacobi (mribo@vhebron.net).

Cas il·lustratiu	DIET4YOU
REpte	Podem millorar l'adherència i la resposta a la dieta de les persones en població general? Fomentar un estil de vida saludable és un dels eixos importants de la medicina preventiva i dels nous paradigmes en salut. L'impacte de la dieta en les persones és molts cops difícil de mesurar i d'aïllar quan parlem de dosis habituals d'aliments que contenen quantitats petites de certs nutrients, que no per petites són menys importants. Un dels grans problemes de la dieta és que la persona no les segueix fàcilment de forma persistent. I, tot i seguint la dieta de forma precisa, no sempre s'obtenen els impactes esperats. Els motius d'aquesta problemàtica van des de la pròpia expressió gènica de la persona, al tipus d'activitat que realitza, però també als hàbits gastronòmics i culturals del context de la persona i fins i tot de les seves preferències o limitacions per certs ingredients (al·lèrgies, manca de disponibilitat a la seva ciutat de certs productes, etc)
SOLUCIÓ	Diet4you és un assistent intel·ligent de dieta personalitzada que recomana a cada persona un pla de menús amb combinacions de plans preparats que s'ajusten a la prescripció nutricional emesa pel professional (nutricionista) i estan adaptades a l'estat de salut de la persona, les seves característiques genètiques i sociodemogràfiques, les seves preferències o rebutjos, sensibilitat i al·lèrgies per certs ingredients, i el context cultural en que es desenvolupa la persona amb una distribució diferent dels àpats diaris (esmorzar més o menys calòric (britànic, mediterrani), un dinar més o menys proteic i contundent (Espanya, Holanda....), un berenar o sopar més o menys vegetals, etc.)
PERFIL TECNOLÒGIC	El sistema s'implementa sota l'arquitectura d'un Intelligent Decision Support System que integra diversos components de ciència de les dades o de gestió del coneixement (IA) i de representació del coneixement pel que fa a ontologies de nutrients, de plats preparats amb els seus ingredients i la seva descomposició nutricional (per cert depenent del país on s'elabora el plat). Mètodes de classificació automàtica per variables heterogènies amb distàncies que incorporen la relació semàntica entre els ingredients dels plats, models formals de representació del pla nutricional prescrit pel nutricionista, mètodes d'interpretació automàtica de perfils de dieta, de perfils de pacients també, components de coneixement (en bases de coneixement de LP1) representant el context cultural, sistemes de restriccions formals representant al·lèrgies o preferències per certs aliments, i fins i tot limitacions per obtenir certs ingredients en certs països, eines automàtiques d'avaluació de l'adherència de la persona a la dieta. Tots aquests són alguns dels components que es combinen en un complex engranatge que constitueix el sistema intel·ligent de recomanació de la dieta personalitzada a la persona, i que materialitza en un sistema de menús les recomanacions del dietista
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	KEMLg d'IDEAI-UPC i grup de risc cardiovascular de l'IMIM constitueixen el consorci del projecte, amb el suport de MINECO.
BENEFICIS DERIVATS	El sistema resol el problema de la confecció de menús específics i personalitzats per una persona incrementant notablement la possibilitat que la persona es mantingui adherit a la dieta. L'efecte de la dieta sobre la persona i la seva millora de salut incrementa. El sistema contribueix a fomentar l'estil de vida saludable
LÍNIES DE FUTUR	La tecnologia Diet4you està en procés de transferència de tecnologia cap a una start-up que vol incorporar la seva intel·ligència a una APP ja comercialitzada i disponible entre els aplicatius en seria de l'ALEXA.
Contacte	Karina Gibert (KEMLG-IDEAI) Karina.gibert@upc.edu

Cas il·lustratiu	Implementació de medicina personalitzada en melanoma maligne mitjançant Intel·ligència Artificial
REpte	Podem millorar el procés assistencial dels pacients amb melanoma amb l'ús de la medicina de precisió i la intel·ligència artificial? Antecedents: la gestió dels pacients amb melanoma està guiada per una estratificació basada en l'anàlisi d'informació clínica i patològica del tumor. Aquest sistema és el que es fa servir a la pràctica clínica actual per prendre decisions pronòstiques, diagnòstiques i de tractament per al pacient amb melanoma. Malauradament, hi ha tot un seguit d'informació rellevant que queda exclosa de l'actual classificació de risc, fet que limita dramàticament la seva precisió.
SOLUCIÓ	Es proposa desenvolupar nou algoritmes basats en la intel·ligència artificial que permetin millorar l'atenció mèdica (diagnòstic, seguiment i tractament) dels pacients amb melanoma.
PERFIL TECNOLÒGIC	Metodologia: 1. Identificació, en una base de dades col·laborativa que inclou més de 600000 entrades de més de 14000 pacients amb melanoma d'una base de dades anonimitzada de 23 hospitals de Catalunya (Xarxa de Centres de Melanoma), de dades clíniques, ambientals, socioeconòmiques, fenotípiques, bioquímiques, farmacològiques, genètiques i d'imatge mèdica relacionades amb el risc de recaiguda i mortalitat. 2. Desenvolupament un model d'intel·ligència artificial per predir l'evolució del pacient, i validació del model en els registres de pacients Europeus de dues Societats Internacional de càncer (EORTC i EADO). 3. A partir del model, agrupació de perfils de pacient amb característiques similars, i predicció de la seva evolució amb diferents opcions de tractament. 4. Creació d'una plataforma online per professionals d'arreu del món per utilitzar les eines desenvolupades.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Consorci Institut d'Investigacions Biomèdiques August Pi i Sunyer (IDIBAPS), Departament de Dermatologia, Unitat de Melanoma (Hospital Clínic de Barcelona) Fundació La Marató de TV3 (finançament projecte)
BENEFICIS DERIVATS	Els algoritmes proposats permetran crear grups d'estratificació estadísticament coherents per a pacients amb melanoma que poden ajudar a prendre decisions de tractament i administratives. Això reduirà la quantitat d'intervencions quirúrgiques innecessàries i de teràpies mèdiques quan no són útils per al pacient. També identificarem els pacients que es poden beneficiar d'un seguiment i tractament intensius. Els algoritmes milloraran la predicció del risc en comparació amb el sistema actual. Això permetrà reduir els costos socials i d'atenció mèdica d'aquesta malaltia.
LÍNIES DE FUTUR	El projecte té una durada prevista de 3 anys, i estem finalitzant el primer any. S'han desenvolupat les primeres versions d'algoritmes de supervivència i models de predicció de positivitat de gangli sentinella i de metàstasi visceral distant a partir d'una base de dades reduïda i s'estan aplicant mètodes d'interpretabilitat per analitzar els resultats. S'ha implementat una primera versió de la plataforma en línia on s'han integrat aquests algoritmes. Els propers passos consistiran en millorar i aplicar aquests algoritmes a la base de dades de Xarxa Melanoma. El coneixement adquirit i les tècniques d'intel·ligència artificial desenvolupades en aquest projecte es podran generalitzar i aplicar a altres tipus de càncer.
Contacte	Veronica Vilaplana (GPI-IDEAI) veronica.vilaplana@upc.edu

Cas il·lustratiu	
CHEMOTARGETS	
REpte	Dissenyar fàrmacs que tinguin eficàcia i seguretat per malalties com la de Huntington, per la qual no hi ha medicaments disponibles, disminuint els temps de recerca i desenvolupament del fàrmac.
SOLUCIÓ	Chemotargets ha desenvolupat solucions de software basades en Intel·ligència artificial, que permeten: a) dissenyar compostos en base a l'estructura de proteïnes que puguin estar relacionades amb la malaltia; b) predir l'eficàcia i la seguretat dels compostos dissenyats, en base a les propietats (interacció amb proteïnes, toxicitat) d'un gran nombre de compostos, i la generació de models; i c) analitzar les propietats de seguretat dels fàrmacs al llarg de tot el cicle de vida que va des de la recerca a l'etapa de postmarketing, passant pel desenvolupament preclínic i les fases clíniques. L'aplicació d'aquestes tecnologies al projecte de descobriment de fàrmacs per la malaltia de Huntington s'ha descrit a: https://www.chemotargets.com/News/id/123/chemotargets-announces-first-ai-designed-drug-for-huntington%E2%80%99s-disease-to-enter-clinical-trials
PERFIL TECNOLÒGIC	El software de predicció d'interacció entre compostos i proteïnes (ProSurfScan) analitza la interacció d'un gran nombre de fragments de compostos que tenen interacció coneguda amb un gran nombre de proteïnes, i selecciona fragments que puguin interaccionar amb tota la superfície de la proteïna que es proposa que està relacionada amb la malaltia, utilitzant algorismes d'AI. El software de predicció d'eficàcia i seguretat (CLARITY), i el d'anàlisi de seguretat dels fàrmacs al llarg del cicle de vida (CLARITY PV), apliquen algorismes d'AI per generar models en base a una gran quantitat de dades d'interaccions químic-biològiques, i dades toxicològiques.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Chemotargets és una empresa constituïda a Barcelona l'any 2006, com una spin-off de l'Institut Hospital del Mar d'Investigacions Mèdiques (IMIM). Està especialitzada en l'àmbit del descobriment i desenvolupament de fàrmacs, amb solucions innovadores de software amb Intel·ligència artificial, que permet dissenyar fàrmacs amb més eficàcia i seguretat.
BENEFICIS DERIVATS	El cas d'èxit de la malaltia de Huntington (obtenir un compost candidat a entrar a fase clínica en 12 mesos des del primer disseny), es aplicable a qualsevol altra malaltia per les qual es proposin proteïnes "diana" relacionades, aplicant la tecnologia desenvolupada per Chemotargets. Pot tenir una repercussió important per accelerar el desenvolupament de fàrmacs per malalties sense tractament, i per minimitzar els efectes secundaris dels fàrmacs desenvolupats, estalviant recursos al sistema de salut.
LÍNIES DE FUTUR	Chemotargets ha desenvolupat recentment dos softwares (ProSurfScan i CLARITY PV), per complementar el software que va desenvolupar fa uns anys, i que està en la versió 5 (CLARITY). Molts clients de tot el món utilitzen el software de Chemotargets per ajudar a desenvolupar els seus fàrmacs. El projecte de desenvolupament del fàrmac per la malaltia de Huntington amb l'empresa Gaylan Bio (https://www.pcb.ub.edu/dissenyen-el-primer-farmac-amb-intelligencia-artificial-per-a-la-malaltia-de-huntington/) està entrant en fase clínica I.
Contacte	www.chemotargets.com contacte: Dr. Jordi Mestres, Chief Scientific Officer (CSO), Chemotargets, jordi.mestres@chemotargets.com

Cas il·lustratiu	DEVSHHEALTH
REPTE	El projecte pretén solucionar la limitació actual dels mètodes de desenvolupament de medicaments, centrats només en la molècula candidata i la proteïna diana. Aquesta aproximació comporta possibles problemes futurs (toxicitat o falta d'eficàcia), ja sigui en fases de recerca clínica o d'aplicació en pacients, degut a que, en el moment del disseny de la molècula, no s'ha tingut en compte el perfil dels pacients que seran candidats a rebre el tractament.
SOLUCIÓ	A DevsHealth volem aplicar la medicina personalitzada ja des del moment de disseny dels futurs medicaments. A la tecnologia clàssica lligand-proteïna, hi afegim dades del món real (RWD, de l'anglès), de manera que no ens centrem només en el binomi proteïna-ligand sinó que l'ampliem amb el perfil poblacional candidat a rebre el tractament. Aquesta aproximació millora les possibilitats d'èxit dels assajos clínics a la vegada que contribueix a dissenyar medicaments específics per grups poblacionals concrets.
PERFIL TECNOLÒGIC	La IA s'aplica, sobretot, en el disseny de la molècula (i la seva interacció amb la proteïna diana) i en la interpretació de les dades de RWD. El sistema millora i afina la interacció molècula-diana, les propietats de la molècula i la previsió de possibles off-targets (proteïnes no esperades) de la RWD. Pel que fa a la millora de la interacció molècula-proteïna diana, la IA optimitza el procés (ajudant a dissenyar noves molècules d'una manera més efectiva i dirigida) i garantint que els càlculs d'interacció siguin més fiables (el sistema està entrenat per distingir els falsos positius dels positius reals). Per altra banda, pel que fa al procés i integració de dades, l'AI ens permet interpretar la informació (extraient dades com ara edat, tractament,...) i integrar-la amb el disseny de molècules per tal d'optimitzar-lo per evitar interaccions no desitjades amb altres proteïnes.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	El projecte és l'empresa DevsHealth, de creació recent i amb seu a Barcelona, que vol canviar el disseny i desenvolupament de nous medicaments mitjançant AI i RWD. L'equip promotor està format pel CEO, el Dr. Alfons Nonell-Canals, emprenedor, químic teòric i especialista en l'ús d'AI en disseny computacional de medicaments, el Sr. Xavier Farrés, emprenedor, > 20 anys en sector Farma, química i Consumer Health Care, ha desenvolupat funcions de direcció General així com COO, ha format part de comitès de direcció i coordinat comitès d'operacions internacionals, el Sr. Albert Garcia-Pujadas, emprenedor, especialista en marketing amb > 20 anys d'experiència en projectes digitals B2B i B2C, i el Dr. Galí Drudis-Solé, físic i químic teòric amb un llarg recorregut en planificació, estratègia i models analítics en diferents àmbits del sector bancari.
BENEFICIS DERIVATS	El 91% dels candidats a medicaments cauen durant les fases clíniques, sobretot en la fase I (toxicitat), degut a la seva toxicitat o a la manca d'eficàcia que en justifiqui la seva comercialització. Això fa que tant el cost com el risc de desenvolupar nous medicaments sigui altíssim, limitant així, la recerca només en aquells productes que poden tenir un retorn econòmic prou elevat com per justificar el risc i la inversió. L'objectiu final del projecte és tenir un impacte real en la societat, fent èmfasi en el tercer objectiu de desenvolupament sostenible: l'accés a la salut. Amb la nostra tecnologia es disminueixen els riscos i inversions necessàries per a desenvolupar nous medicaments i, per tant, facilita el desenvolupament de noves teràpies en patologies que tindran un menor retorn econòmic. Això tindrà un clar efecte positiu en la salut de les persones i la millora en l'accés als medicaments.
LÍNIES DE FUTUR	Actualment la tecnologia es comercialitza via la prestació de serveis, però de forma molt incipient i manual. Tenim dos reptes pendents. Primer, la automatització i millora dels processos per tal que el sistema pugui gestionar tot sol tota la informació i càlculs necessaris (amb una validació humana final). I, segon, poder emprar la tecnologia i aproximació en tota la cadena de valor del medicament, és a dir, ajudar a dissenyar i dur a terme l'assaig clínic per, finalment, poder fer medicina personalitzada en pacients reals. A nivell tecnològic també estem començant a provar l'ús de la computació quàntica en aquest camp
Contacte	https://devshealth.com / info@devshealth.com

Cas il·lustratiu

Seguiment i validació de protocols d'actuació

REpte	Prevenió de riscos per mala praxis, riscos pel pacient o no-compliance de marcs regulatoris i Validació per la facturació de intervencions a asseguradores. L'assegurament del seguiment dels protocols, recomanacions i pautes de treball establerts i la detecció i prevenció de possibles incompliments és necessari per tal d'evitar importants riscos tant pels facultatius i personal d'atenció com per les empreses i administracions gestores dels serveis de salut La validació i codificació de les actuacions facturables a asseguradores mèdiques per al correcte i eficient reemborsament dels imports corresponents es una font continua de incidències administratives
SOLUCIÓ	Mitjançant l'anàlisi de Històries clíniques (HCEs), informes i altres notes i documents es procedeix a la categorització de les actuacions, a la verificació del seguiment correcte de les pautes de tractament pre-definides mitjançant la verificació del correcte seguiment de les accions, seqüències, temporalitat, etc.. detectant i alertant de possibles desviacions o incorreccions. Tanmateix es procedeix a la identificació, codificació i validació de les actuacions recollides en els textos per fer més eficient el procés i assegurar que tots els conceptes facturables a l'asseguradora del pacient han estat recollits.
PERFIL TECNOLÒGIC	Cogito és una plataforma de IA cognitiva dotada d'un motor cognitiu de comprensió del llenguatge natural basat en l'aplicació d'un "grafo de coneixement" patentat i desenvolupat al llarg de més de 20 anys (Sensígraf) que es capaç de comprendre el llenguatge natura, de capacitats lingüístiques ampliades per la comprensió del llenguatge científic i mèdic, de taxonomies mèdiques, farmacèutiques i de biociència i de regles lingüístiques i de negoci. Treballant amb més de 14 idiomes, el motor semàntic profund Cogito pot extreure categories, entitats, esdeveniments, emocions i atributs d'estilometria de contingut no estructurat. Per tant, disposa de les capacitats i les funcions avançades de descobriment de coneixement i dades en texts redactats per persones que permeten l'automatització de processos de negoci i descobriment de coneixement en grans volums de informació no estructurada. A més, Cogito es pot combinar amb algoritmes de Machine Learning (ML o DL) per tal de tenir un motor d'anàlisi de text HÍBRID únic.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Expert.ai és una PIME europea fundada a Mòdena (Itàlia) el 1989 i centrada en la tecnologia d'intel·ligència artificial cognitiva. Oficines a Espanya, Itàlia, França, Suïssa, UK, Alemanya i USA. Expert.ai Iberia te les seves oficines a Barcelona (Sant Cugat del Vallès) amb un equip local de 35 persones
BENEFICIS DERIVATS	La tecnologia Cogito té diversos avantatges inherents a la seva naturalesa. Alguns són: És Explicable: No existeixen "caixes negres" en el procés, que redueixen la confiança, compliquen la aplicació i verificació de l'ús de les solucions d'altres tecnologies de la IA, com el ML o el DL. Això augmenta la fiabilitat, la confiança dels usuaris, la millora continua i evita biaixos i errors tant freqüents i perillosos en sistemes d'aprenentatge automàtic. No es necessari entrenar el sistema, ja que la tecnologia ja és capaç de entendre el llenguatge natural (14 idiomes) i el llenguatge mèdic/científic/farmacèutic. Desplegament ràpid i fiable: Els projectes estan operatius i en producció en poques setmanes
Contacte	Web: www.expert.ai/es Contacte: Emili Mata - Sales Director - emata@expert.ai

A I.4. Monitorització i sistemes de suport

Cas il·lustratiu	ICTUSnet
REpte	L'objectiu d'ICTUSnet és millorar la qualitat de l'atenció sanitària als accidents cerebrovasculars, promovent la col·laboració en R + D, fomentant l'aprenentatge mutu i promovent la innovació en les estratègies d'atenció als accidents cerebrovasculars en les regions de el sud-oest de la UE. Els mitjans per aconseguir-ho es basen en la incorporació de noves tecnologies per a l'anàlisi de dades i la creació d'una xarxa permanent que proporcioni a tots els actors implicats en la cadena d'atenció sanitària de l'ictus l'oportunitat de compartir informació, lliçons apreses i bones pràctiques.
OBJECTIU	Uns dels objectius del projecte és l'aplicació de tecnologies de la llengua i aprenentatge profund (xarxes neuronals profundes) a l'extracció d'informació en textos clínics.
PERFIL TECNOLÒGIC	Generació d'un model de la llengua amb textos biomèdics i clínics utilitzant Transformers. Posterior adaptació del model re-entrenant-lo de forma supervisada utilitzant dades anotades per experts del domini.
DURACIÓ	3 anys (2018-2021)
TRL	Hi ha una demostració (http://temu.bsc.es:81/) que aviat serà accessible també des de la plataforma del projecte on hi hauran més demostratius i recursos http://platform.ictusnet-sudoe.eu/
IMPULSORS, CONSCORCI	ICTUSnet té un consorci amb 10 partners, liderat per AQUAS, i compta amb el suport de 33 partners associats d'arreu d'Europa en el domini de l'estudi i el tractament de l'ictus.
ENTITAT FINANÇADORA	ICTUSnet està finançat pel programa Interreg Sudoe Program
BENEFICIS DERIVATS	El consorci ICTUSnet ha treballat durant tres anys en el desenvolupament d'un portal central per a l'intercanvi de dades, coneixements i bones pràctiques. En particular, el portal ICTUSnet permet comparar els resultats de les regions que participen en ICTUSnet (Espanya, França i Portugal) basant-se en una sèrie d'indicadors acordats, el que permet l'intercanvi de coneixements. El portal ICTUSnet també està obert a altres regions que estiguin interessades en unir-se a al portal regional sobre l'ictus.
LÍNIES DE FUTUR	ICTUSnet ha esdevingut Xarxa d'excel·lència per al desenvolupament i la implementació de models innovadors d'atenció integrada de l'ictus al sud-oest d'Europa que contempla un model de creixement i sostenibilitat.
Contacte	http://ictusnet-sudoe.eu/en/ Rosa Maria Vivanco rvivanco@gencat.cat coordinadora del projecte. Per al paquet de treball sobre l'aplicació de IA en l'extracció de informació: Marta Villegas marta.villegas@bsc.es .

Cas il·lustratiu

VALIDITHI

REpte	Aquest projecte tracta d'ajudar als pacients de trasplantament de ronyó. Moltes propietats fisiològiques del sistema renal influeixen en el metabolisme dels nutrients. La insuficiència renal suposa un repte important per mantenir una alimentació i una massa muscular adequades. La desnutrició proteica en calories i la pèrdua de massa muscular, que s'ha relacionat amb l'augment de la mortalitat després del trasplantament, és freqüent en fins a una cinquena part dels receptors de trasplantament de ronyó en el moment del trasplantament. Per tant, és de vital importància establir una dieta saludable i un perfil metabòlic per corregir la desnutrició prèvia al trasplantament i prevenir la progressió o el desenvolupament de la desnutrició després del trasplantament. No obstant, avui en dia no existeixen eines per poder monitoritzar la dieta dels pacients de trasplantament de ronyó.
OBJECTIU	L'objectiu del projecte ha sigut desenvolupar una healthapp per monitoritzar el menjar dels pacients amb trasplantament de ronyó i així reduir el risc de rebuig del nou òrgan
PERFIL TECNOLÒGIC	En aquesta App utilitzem algorismes de Deep learning per analitzar imatges de menjar i reconèixer la categoria, el plat i els ingredients. D'aquesta informació s'infereix la informació nutricional. D'aquesta manera tant el pacient com el seu metge poden seguir la dieta, assegurar una dieta sana i assegurar una bona adopció del nou òrgan.
DURACIÓ	2 anys (2019-2020)
TRL	TRL inicial TRL3, TRL final - TRL7. S'ha fet un pilot a la Universitat mèdica de Groningen, Holanda. Una demostració del reconeixement de menjar a partir d'imatges es pot veure en www.logmeal.es/demo .
IMPULSORS, CONSCORCI	El consorci impulsor ha sigut un consorci entre el Centre de Visió per Computador (CVC), la Universitat de Barcelona, la Universitat Mèdica de Groningen i Nestlé.
ENTITAT FINANÇADORA	EIT Health ha invertit 750.000€
BENEFICIS DERIVATS	El reconeixement de menjar a partir d'imatges obre un ampli ventall d'oportunitats. La monitorització de la presa de menjar és important per molts malalts com diabètics, obesos, cardiovasculars, etc. Per altre costat, la nutrició està a la base dels hàbits saludables i per tant és molt important per prevenir les malalties i assegurar una bona vida de qualitat. I en aquest context, la intel·ligència artificial i en particular els algorismes de Deep learning permeten reconèixer el menjar i registrar la informació nutricional de les persones per poder fer un seguiment i obtenir consciència de la quantitat i la qualitat de la presa de menjar de les persones.
LÍNIES DE FUTUR	A base d'aquest projecte s'ha fundat una spin-off Aigecko Technologies (https://www.aigecko.com) que pretén explotar el producte.
Contacte	http://validithi.com , https://eithealth.eu/project/validithi/ , www.logmeal.es , contacte: Petia Radeva (petia@cvc.uab.es)

Cas il·lustratiu	DIGIMEVO
REPTE	Proporcionar informació mèdica contrastada i validada als pacients els diferents moments del patient journey
SOLUCIÓ	En una plataforma audiovisual que mostra el contingut que el pacient necessita en cada moment del patient journey guiat per un professional mèdic i ajudat per un sistema d'AI.
PERFIL TECNOLÒGIC	En el moment en el que un pacient busca informació mèdica el sistema li mostra el contingut adequat per ell tenint en compte les seves patologies i el seu perfil, aquest contingut és prèviament validat per un grup de mèdics experts per assegurar la seva veracitat i utilitat. El pacient demana una cita al seu professional sanitari i aquest gràcies al sistema de recomanació li prescriu una sèrie de contingut a visualitzar abans de fer la visita perquè sigui més eficient el temps de consulta. Un cop el pacient arriba al centre s'utilitza el temps d'espera per educar al pacient amb la informació que és del seu interès, dins de la la consulta mèdica el professional sanitari un cop fet el diagnosi i gràcies al sistema de recomanació prescriu programes educatius digitals i contingut audiovisual que ajudaran al pacient a la seva recuperació.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	DIGIMEVO és una start-up fundada a Sillicon Valley amb seu a Barcelona
BENEFICIS DERIVATS	Millora significativa amb el resultats de les cerques amb una major satisfacció per part dels pacients , reducció de les visites no crítiques gràcies a una millor selecció i recomanació dels continguts als pacients, i millora del temps de qualitat a la consulta degut a un empoderament més efectiu del pacient.
LÍNIES DE FUTUR	Actualment la plataforma s'utilitza a 300 centres mèdics amb més de 1000 professionals sanitaris a Espanya , l'objectiu es créixer en nombre de centres i professionals i també amb països per posicionar DigimEvo com la plataforma d'informació sanitària contrastada a nivell global.
Contacte	www.digimevo.com Xavier Lleixà Co-Fundador xavier.lleixa@digimevo.com

Cas il·lustratiu	H2O (Health Outcomes Observatory)
REpte	Recopilar i incorporar resultats de salut estandarditzats de pacients en la presa de decisions de l'atenció sanitària, a nivell individual i poblacional, en quatre països d'Europa.
OBJECTIU	Apoderar els pacients perquè reportin i comparteixin els seus resultats de salut d'una manera estandarditzada i poder utilitzar aquestes dades de forma agregada i anònima per identificar millores en els sistemes sanitaris europeus. H2O proveirà als pacients d'eines digitals que els permetran reportar informació de forma estandarditzada. Això significa que els pacients podran reportar el seu estat de salut i qualitat de vida d'una forma estructurada i basada en l'evidència que donarà als professionals de salut i als pacients coneixements més profunds per ajudar-los a anar alineats en la consecució d'un objectiu comú.
PERFIL TECNOLÒGIC	Adicionalment es preveu que els pacients puguin accedir a la tecnologia per disposar de les seves dades i resultats en salut i puguin decidir amb qui compartir-los. I a més, amb el suport dels seus professionals sanitaris, per a poder comparar el seu progrés amb dades agregades d'altres pacients amb patologies similars.
DURACIÓ	Octubre 2020- Octubre 2025
IMPULSORS, CONSCORCI	Un total de 23 institucions líders en el món, inclosos hospitals universitaris, grups de pacients i la indústria farmacèutica, s'han unit per dissenyar la infraestructura de dades de salut del futur. Està liderat per la Universitat Mèdica de Viena i Takeda Pharmaceutical Company Limited
ENTITAT FINANÇADORA	Innovative Institut de medicaments (IMI)
BENEFICIS DERIVATS	És important obtenir coneixements del món real entre països amb instruments i mesures de resultats comparables per informar la investigació clínica, estudis observacionals, avaluacions de tecnologia sanitària i investigació bàsica. Tot i que els recerques poden fer referència a diverses fonts de dades clíniques per a la investigació mèdica, tenen fonts limitades de dades reportades pel pacient i poques vegades poden trobar fonts de dades reportades pel pacient vinculades a les dades clíniques a nivell de pacient. H2O és una oportunitat per avançar en la investigació amb evidències del món real basades en els resultats reportats pels pacients: - Pacients: millorar el diàleg entre pacient i metge per rebre una millor atenció - Professional sanitari: millor accés a les dades per informar i millorar les decisions clíniques - Organitzacions de pacients: avaluar l'estat i la dinàmica de la seva població de pacients - Autoritats sanitàries, proveïdors i contribuents: millorar la qualitat i la sostenibilitat de l'atenció mitjançant millors proves i més transparència de les mesures i els resultats dels pacients - Investigadors i empreses farmacèutiques: generar coneixements que es poden utilitzar per donar suport al disseny i direcció del desenvolupament de nous tractaments.
LÍNIES DE FUTUR	Continuar amb les tasques dels observatoris H2O al país i a nivell europeu, impulsant una estratègia de sostenibilitat..
Contacte	Coordinator del projecte: Tanja Stamm - Medizinische Universitaet Wien Scientific project manager for Spain and Vall d'Hebron: Angèle Bénard-Sankaran (ICS-HUVH) angele.benard@vhir.org

A I.5. Logística i gestió hospitalària

Cas il·lustratiu	Mediktor
REpte	La missió de Mediktor és millorar l'accés a l'assistència sanitària a tot el món, i la informació clínica que es posa al servei de les persones, tot superant problemes actualment reconeguts, com ara la falta d'eficiència en la prestació de serveis sanitaris, la saturació general dels sistemes, o la desinformació clínica/mèdica que l'accessibilitat a internet (per exemple 'google') ha comportat.
SOLUCIÓ	Es tracta d'un assistent mèdic virtual precís basat en intel·ligència artificial, pel triatge (nivell d'urgència), el pre-diagnòstic i el suport a la presa de decisions. Tot a partir de la informació de símptomes reportada per l'usuari, així com de la informació de context obtinguda durant l'avaluació. Mediktor és l'únic avaluador de símptomes validat clínicament, en base a assajos duts a terme en entorns clínics i amb pacients reals. Entre ells, un assaig clínic guardonat, realitzat a l'Hospital Clínic de Barcelona amb més de 1.000 pacients reals visitats a Urgències, i a on es va aconseguir obtenir una precisió prediagnòstica superior al 91%.
PERFIL TECNOLÒGIC	Mediktor és un sistema expert que aplica la Intel·ligència artificial per a dos objectius fonamentals. El primer és aconseguir presentar sempre a l'usuari la millor 'següent pregunta', una vegada considerada tota la informació disponible, i amb l'objectiu de que l'avaluació es pugui completar de la forma més ràpida i que l'usuari tingui la millor experiència possible amb l'eina. El segon, que és el clau, és aconseguir discernir de manera precisa quin és el prediagnòstic i el nivell de triatge que corresponen a la condició del usuari. El punt de partida de Mediktor és una immensa base de dades clíniques basades en l'evidència. El funcionament de Mediktor és completament interactiu. Mitjançant un potent motor semàntic, Mediktor permet a l'usuari reportar en el sistema els símptomes i signes que pugui estar tenint en un moment determinat, sempre fent servir llenguatge natural (de fet com si estigués parlant amb un metge). Amb aquesta informació, així com amb informació complementària del pacient (per exemple l'edat i gènere) i de l'avaluació en si mateixa (per exemple dia de la setmana, hora o la ubicació geogràfica), Mediktor va generant preguntes i guiant a l'usuari, per acabar discriminant una llista de possibles pre-diagnòstics i un nivell de triatge. Aquesta discriminació és la que es fa mitjançant complexos algorismes d'intel·ligència artificial que optimitzen l'ús de la seva extensa base de dades.
PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR	Mediktor és una empresa fundada per l'Oscar García-Esquirol (metge intensivista), i el Cristian Pascual (Enginyer amb una dilatada experiència en gestió empresarial) al 2011 a Barcelona, Espanya. Per la seva proposta de valor, està emmarcada amb les empreses tecnològiques vinculades a la Sanitat. Els seus fundadors han estat recolzats des de l'inici per la inversió privada, tant per Inversors individuals com pel Venture Capital.
BENEFICIS DERIVATS	Amb caire general, el benefici que Mediktor pretén aportar al Sector Salut es troba en la seva missió, que és la d'aconseguir millorar l'assistència sanitària a tot el món. No només això, la pretensió de Mediktor és la de convertir-se en un punt d'entrada eficient pels processos assistencials, tot dirigint al pacient al nivell assistencial que li pertoca, i en el moment adequat. De manera més detallada podem considerar els següents beneficis: Pels usuaris/pacients: Disposar d'una atenció sanitària més ràpida i accessible, amb la garantia d'obtenir una informació fiable clínicament, disposar d'un punt d'entrada al procés sanitari més assequible, esbrinar ràpida i còmodament quina és el pas més adequat a donar en base a la situació reportada (anar a Urgències, fer una consulta de Telemedicina, ...) i convertir a l'usuari/pacient realment en un actor més participatiu en el procés assistencial. Per al prestador o proveïdors de salut: millora en l'eficiència. Els pacients/usuaris, van a on toca i quan toca, amb el que s'eliminen visites innecessàries, o la duplictat de visites, procés assistencial més ràpid i de més qualitat. L'usuari/pacient es converteix en un actor del procés assistencial, tot aportant informació clau pel mateix (símptomes, evolució, ...), i fent que hi hagi

informació clínica rellevant des del primer moment. Possibilitat d'automatitzar activitats. Per casos concrets, conèixer de manera ràpida i certa la patologia més probable d'un pacient i la seva urgència, pot permetre actuar de manera més ràpida i automàtica, tot aplicant els protocols sanitaris adequats de forma immediata.

LÍNIES DE FUTUR

En sectors com l'assegurador, Mediktor és la solució de referència, i gaudeix d'un posicionament de mercat molt avantatjós. No només això, el servei que presta Mediktor pot donar resposta a necessitats assistencials de molts altres sectors i clients (Hospitals o plataformes de Telemedicina per exemple), amb el que el potencial de creixement i extensió és molt significatiu. A més, durant els últims temps, tant per la recent pandèmia com per la digitalització creixent de tots els sectors, els serveis digitals en l'àmbit de la salut estan guanyant molt protagonisme. Mediktor n'és un exemple de primera mà sobre com la tecnologia i l'AI poden ajudar a resoldre part dels problemes de sostenibilitat dels nostres sistemes de salut.

Contacte

Web: <https://www.mediktor.com/ca-es>
Contacte: info@mediktor.com
Adreça:
Pabellón de Sant Manuel, Carrer de Sant Antoni Maria Claret, 167
08025 Barcelona, Spain
Telèfon
+34 93 211 16 66

Cas il·lustratiu

Amalfi

REpte

Els sistemes de salut estan sotmesos a una pressió creixent, deguda entre altres a l'envelliment de la població, la prevalença creixent de malaltia crònica. Se'ls demana mantenir o elevar la qualitat assistencial, amb recursos estancats o minvants.

SOLUCIÓ

Utilització de les dades que el sistema ja recull de rutina per a identificar fonts d'ineficiència i ajudar als gestors a harmonitzar recursos amb necessitats.

En concret, a Amalfi han desenvolupat plataformes analítiques que, combinades, permeten identificar patrons dins de malalties cròniques i les necessitats específiques de cada patró per, per exemple, adequar protocols i medicació. Combinar-ho amb predicció d'activitat a nivell d'un servei com ara urgències hospitalàries per tipus de pacient. I també anticipar les necessitats de recursos, inclosos recursos humans, per poder cobrir amb temps suficient un pic de demanda que altrament desbordaria el servei i afectaria la qualitat de l'atenció als pacients. Tot això pràcticament en temps real.

PERFIL TECNOLÒGIC

Les plataformes es connecten als sistemes d'informació de l'hospital i possiblement fonts externes com ara el temps. Usant Machine Learning adaptatiu, construeixen i revisen models predictius a horitzons que van des d'hores a mesos (per exemple, d'activitat a urgències, o d'absentisme entre els professionals de la salut), i mostren a l'usuari com aquestes prediccions impacten els recursos necessaris.

PERFIL D'EMPRESA O IMPULSOR

D'altra banda, per a l'anàlisi de malaltia complexa utilitza aprenentatge no supervisat (clustering, anàlisi d'associacions complexes) amb algorismes nous que han de ser capaços de treballar de manera robusta amb dades de molt alta dimensionalitat.

BENEFICIS DERIVATS

Amalfi es va crear com a spinoff del grup de recerca LARCA de la Universitat Politècnica de Catalunya. Ha desenvolupat aquestes plataformes en col·laboració amb organitzacions del sistema de salut català, especialment hospitals, primària i el Servei Català de la Salut.

El sistema de salut i els seus agents són capaços d'anticipar necessitats amb temps per adaptar-se a elles. Tenen una visió més profunda de com és la població a atendre (sobretot els malalts crònics), les seves necessitats i de l'impacte de les possibles actuacions. Pot detectar les fonts

d'ineficiència en el seu funcionament i corregir-les. I, com que s'usen les dades que ja està usant de rutina per a la gestió, ho pot fer amb uns costos mínims d'integració i desplegament.

LÍNIES DE FUTUR

Les plataformes existents aborden alguns dels problemes més aguts en hospitals i territori (cronicitat, urgències, recursos humans, ...) però n'hi ha molts més.

L'objectiu d'Amalfi és que es converteixin en una suite aplicable a molts d'altres (gestió de quiròfans, farmàcia, laboratoris...) on hi ha oportunitats de millora. Per arrodonir la solució estem començant a emprar altres components d'Intel·ligència Artificial més enllà del Machine Learning, com ara Constraint Programming i sistemes de recomanació.

També s'està treballant en construir mòduls específics d'interpretabilitat i explicabilitat, que són imprescindibles per genera confiança entre els professionals de la salut.

Contacte

<http://www.amalfianalytics.com>, contacte info@amalfianalytics.com

Cas il·lustratiu	PROCEED
REpte	Realitzar un seguiment i previsió de l'evolució de la pandèmia de COVID-19.
OBJECTIU	Desenvolupar plataformes de dades i noves metodologies basades en models matemàtics i dirigits per dades per a monitoritzar l'evolució de la pandèmia de COVID-19 i simular diferents escenaris pandèmics per a millorar la presa de decisions.
PERFIL TECNOLÒGIC	S'ha emprat models matemàtics basats en equacions diferencials i un model dirigit per dades amb Deep Learning. De forma més específica s'ha utilitzat una xarxa recurrent del tipus long-short term memory (LSTM). Ambdós models treballen amb dades d'infecció, clíniques, mediambientals, aigües residuals i de xarxes socials, que es recullen i processen en una plataforma de gestió de dades modular i escalable.
DURACIÓ	2020-2021
IMPULSORS, CONSCORCI	EURECAT.
ENTITAT FINANÇADORA	MICINN (CDTI)
BENEFICIS DERIVATS	El sistema s'ajusta amb un 2% d'error a la incidència acumulada i ja ha realitzat quatre prediccions acurades de l'evolució de la pandèmia.
LÍNIES DE FUTUR	Increment de la granularitat del sistema per a que doni prediccions per àrea bàsica de salut (ABS), generalització a altres comunitats autònomes.
Contacte	Vicent.ribas@eurecat.org

Cas il·lustratiu	Observatori Epidemiològic
REPTE	El projecte de l'Observatori Epidemiològic té com a principal objectiu el desenvolupament d'un sistema d'informació d'accés públic que integri dades de salut i mobilitat basats en telefonia mòbil, i que serveixi com a eina d'assistència a la presa de decisions en la gestió de nous brots de COVID-19, tant pel que fa a autoritats sanitàries com de la ciutadania
OBJECTIU	L'objectiu de l'Observatori Epidemiològic és proveir d'un recurs integrat i de lliure accés, que faciliti la gestió de nous futurs brots de COVID-19 per assegurar el seu manteniment i disseminació en el mitjà i llarg termini.
PERFIL TECNOLÒGIC	Generació d'un sistema d'informació d'accés públic que integri dades de salut i mobilitat amb models epidemiològics.
DURACIÓ	2 anys (2020-2022)
IMPULSORS, CONSCORCI	El consorci suma els esforços de la Generalitat de Catalunya (Departament de Polítiques Digitals i Administració Pública), institucions mèdiques i de salut (Hospital Germans Trias i Pujol i Fundació Lluita contra la Sida), centres punters de recerca tecnològica (BSC, CIDAI, Eurecat, URV i CSIC, UdG), operadores de telefonia mòbil (Telefónica, Orange i GSMA) i la Mobile World Capital Barcelona.
ENTITAT FINANÇADORA	És una iniciativa públic-privada, que s'inscriu dins l'estratègia CATALONIA.AI (http://smartcatalonia.gencat.cat/ca/projectes/tecnologies/detalls/article/Catalonia-AI)
BENEFICIS DERIVATS	El consorci Observatori Epidemiològic ha treballat durant un any en el desenvolupament d'una un web (Covid-19 Flow-Maps) que permet visualitzar el risc de contagi de Covid-19 d'una zona determinada associada a l'afluència de ciutadans procedents d'altres àrees geogràfiques, i també en la definició d'un conjunt de dades per calibrar i validar models epidemiològics. El projecte ha estat de gran interès donada l'actual situació sanitària i la necessitat d'utilitzar dades i tecnologies de la informació per a una millor gestió de la pandèmia. El projecte ha repercutit en la premsa i diferents mitjans de comunicació i ha permès analitzar i interpretar brots de casos que varen poder ser una conseqüència dels moviments de la població.
LÍNIES DE FUTUR	El projecte pretén expandir l'ecosistema de models i eines analítiques que permetin utilitzar les dades per millorar la presa de decisions associades a la gestió de la pandèmia. També té com objectiu donar lloc a l'inici de diferents col·laboracions científiques amb altres institucions i centre d'investigació.
Contacte	https://flowmaps.life.bsc.es/flowboard/about Miguel Ponce-de-Leon (miguel.ponce@bsc.es) coordinador de las tasques del projecte relacionades amb COVID-19 Flow-Maps.

A I.6. Technologies base

Cas il·lustratiu	DeepHealth - Deep-Learning and HPC to Boost Biomedical Applications for Health
TIPOLOGIA	Projecte de recerca
REPTE	Proporcionar potència informàtica HPC (High Performance Computing) al servei de les aplicacions biomèdiques i aplicar tècniques de Deep Learning en conjunts grans i complexos de dades biomèdiques per donar suport a noves formes més eficients de diagnòstic, seguiment i tractament de malalties.
OBJECTIU	DeepHealth desenvolupa un marc flexible i escalable per a l'entorn Big Data i HPC, basat en dues noves llibreries: l'European Distributed Deep Learning Library (EDDLL) i l'European Computer Vision Library (ECVL), que permeten crear models i proporcionar dades sobre diferents àrees mèdiques.
PERFIL TECNOLÒGIC	Els models de IA resultants entrenats i les llibreries europees (EDDLL i ECVL), es poden integrar a les plataformes de programari biomèdic existents, de manera que poden ser utilitzades per personal mèdic i usuaris experts. La solució serà compatible amb les infraestructures HPC que van des de les centrals de supercomputació fins a les d'hospitals.
DURACIO	36 mesos
IMPULSORS / CONSORCI	DeepHealth implica 21 socis de 9 països europeus, que reuneixen un grup multidisciplinari d'organitzacions de recerca (9), organitzacions sanitàries (4), així com (4) grans empreses i (4) socis industrials de pimes, compromesos amb la innovació, l'explotació i la sostenibilitat. A Catalunya participa NTT Data i el Barcelona Supercomputing Center (BSC).
ENTITAT FINANÇADORA	Comissió Europea- Big Data Value
BENEFICIS DERIVATS	A nivell qualitatiu, s'espera que les llibreries europees i els models de IA contribueixin a incrementar l'explotació de plataformes de software en l'àmbit de les aplicacions biomèdiques i fomentar el desenvolupament d'aplicacions d'intel·ligència artificial per al sector salut.
LÍNIES DE FUTUR	El projecte es troba en la recta final: s'estan avaluant i validant les llibreries i els models de IA ja desenvolupats a través de casos d'ús. El conjunt d'eines desenvolupades en el projecte DeepHealth proporciona capacitats addicionals per treballar amb IA en l'àmbit d'aplicacions biomèdiques. Les llibreries tenen el potencial d'ampliar-se a altres tipus d'aplicacions, diferents de les proposades en els casos d'ús de DeepHealth. Ampliar les funcionalitats és un dels àmbits de treball futur.
Contacte	https://deephealth-project.eu/ Monica Caballero – coordinadora del projecte

Cas il·lustratiu	UP4HEALTH
REpte	La correcta comunicació entre hospitals i grups de recerca és fonamental. Tot i això, aquesta comunicació sovint no existeix. Això afecta directament a ambdues parts. D'una banda, els investigadors necessiten accedir a les dades per registrar-les i testear-les, i de l'altra, els hospitals necessiten disposar un accés fàcil als nous models de IA de diagnòstic mèdic.
OBJECTIU	Establir la connexió entre els nous models de IA i el personal mèdic amb una arquitectura client-servidor per al diagnòstic com a servei (DaaS). DaaS és un model de computació en núvol en què un proveïdor allotja aplicacions en un servidor que els metges fan servir a través d'Internet.
PERFIL TECNOLÒGIC	Una arquitectura SaaS client-servidor per al diagnòstic com a servei (DaaS). Atès que DaaS no requereix instal·lar aplicacions en els propis equips dels clients, permet l'ús per part de diversos usuaris de programes altament especialitzats (implementats en diferents idiomes, tal com passa a la investigació) sense despeses addicionals per a l'adquisició de maquinari o la llicència. Un DaaS adaptat a les necessitats clíniques no només alleugeriria els costos de llicències, sinó que també facilitaria l'accés fàcil i ràpid als prototips existents dels mètodes desenvolupats a CVC i als propers nous mètodes d'assistència al diagnòstic. Per tant, contribuirà i cobrirà dues mancances principals: la millora del rendiment dels nostres mètodes mitjançant la recopilació i la prova de noves dades i, per fer la investigació més accessible a la comunitat clínica. Durant el projecte s'instal·laran dos serveis principals de diagnòstic centrats en la "radiòmica intel·ligent per al diagnòstic precoç de patologies pulmonars": BronchoX per al diagnòstic precoç del càncer de pulmó mitjançant exploracions CT-PET i CovidX per a la detecció i evolució precoç de l'embolisme pulmonar (PE) en pacients de Covid-19 amb CT-SPECT.
DURACIÓ	2018 – 2022
IMPULSORS, CONSCORCI	CVC, UAB, Can Ruti
ENTITAT FINANÇADORA	MINECO-RETOS, TechnioSpring
BENEFICIS DERIVATS	Un DaaS adaptat a les necessitats clíniques no només alleugeriria els costos de llicència, sinó que també facilitaria l'accés fàcil i ràpid als prototips existents dels mètodes d'investigació i l'assistència al diagnòstic. Per tant, contribuirà i cobrirà dues mancances principals: la millora del rendiment dels nostres mètodes mitjançant la recopilació i prova de noves dades i per fer la investigació més accessible a la comunitat clínica.
LÍNIES DE FUTUR	Incorporar nous serveis de diagnòstic de la comunitat investigadora
Contacte	Debora Gil (debora@cvc.uab.cat), Carles Sánchez (csanchez@cvc.uab.cat)

ANNEX II. Com desenvolupar un projecte d'IA per salut

La IA es una combinació de dades, algorismes i energia computacional. De forma sintètica els requisits per l'adopció de la IA són:

1. Disponibilitat de dades. Les dades són el requisit indispensable per poder entrenar els algorismes. Podríem dir que són el fonament de la IA però, no és suficient tenir dades sinó que aquestes ha de ser de qualitat (ser recollides d'una forma homogènia, que estiguin ordenades i amb formats compatibles amb les noves tecnologies). En aquest sentit doncs, cal garantir l'accés a les dades a les empreses, hospitals i institucions de recerca i assegurar que la recollida de dades segueix els estàndards necessaris per ser explotables.

En el cas de Catalunya, l'accessibilitat a les dades segueix sent una de les principals barreres. Tot i disposar d'un gran banc de dades d'historials clínics, aquestes no s'estan utilitzant per restriccions de polítiques de privadesa. No obstant, altres països com Finlàndia, Estònia i Canadà han reinterpretat les polítiques de privadesa preguntant la població sobre l'acceptació de l'ús de les seves dades per al bé comú. Això els ha permès aconseguir centrar els seus esforços en innovar en noves tecnologies de IA i situar-se en una posició avantatjada mundialment. És per això que a Catalunya es requereix d'una actuació coordinada en aquest sentit que empoderi a la ciutadania i els deixi decidir si les seves dades clíniques poden ser emprades per desenvolupar noves tecnologies de les que ells en seran els primers beneficiats.

2. Algorismes de IA: un cop les dades són accessibles, el clima d'innovació en IA sol generar-se per inèrcia. Més investigadors i empreses aprofiten l'accessibilitat a dades per poder desenvolupar algorismes que donin respostes a les necessitats reals del sistema de salut. Les solucions de IA en món acadèmic estan a nivells històrics. A diari es publiquen nous avenços amb gran potencial d'aplicació per a l'ús clínic. No obstant, per assegurar l'èxit de l'adopció de IA en el sector de la salut s'ha de potenciar que aquests algorismes es creïn a nivell global, evitant l'atomització de solucions en diferents hospitals o centres de recerca. Això permet una utilització més intel·ligent dels esforços i dels recursos tant humans com econòmics invertit en les noves tecnologies.

Actualment a Catalunya no existeix una acció coordinada per donar respostes de IA en salut d'una forma global. La major part d'innovació i l'adquisició de tecnologies es duu a terme en diferents hospitals o de forma independent fent que el coneixement no flueixi i la inversió per una mateixa tecnologia es repeteixi diversos cops. En aquest sentit, cal una estratègia que sigui liderada de forma transversal per a tot el sistema de salut i que assegurí que el benefici de les noves tecnologies arribi a tota la població independentment de la seva geografia i centre mèdic.

3. Energia computacional: per tal que els algorismes es puguin generar i testejar és necessari un gran poder computacional que gairebé sempre passa per accedir als coneguts com súper ordenadors. **A nivell Espanyol existeix el RES (Red Española de Supercomputación) que compta amb 13 nodes distribuïts entre diferents organitzacions a Espanya i els seus súper ordenadors. L'objectiu principal del RES és posar a la disposició de la població un percentatge del poder computacional dels 13 nodes per potenciar l'ús de tecnologies que requereixin de supercomputació. El RES es coordinat pel BSC**

que està situat a Barcelona i és el node amb més poder computacional d'Espanya. En aquest sentit, Catalunya es troba liderant el rànquing a nivell Espanyol amb energia computacional.

Per aprofitar tot el potencial de la IA, cal prendre decisions estratègiques que necessàriament s'acompanyen de compromisos sovint relacionats amb la privadesa, els drets de propietat intel·lectual, la responsabilitat, la transparència, l'explicabilitat, el rendiment, el biaix i la discriminació. En els projectes basats en IA s'ha de tenir en compte els següents aspectes:

- **Validació de les dades.** El conjunt de dades inicial utilitzades per formar el model IA és clau, però cal tenir present que aquestes es poden anar ampliant. Normalment, es reben dades noves a mesura que passa el temps i s'utilitzen per actualitzar el model amb les noves dades. Per tant, és necessària la verificació automatitzada de les dades, de manera que hi hagi una alerta immediatament si hi ha problemes amb la veracitat o processament d'aquestes dades.
- **Validació dels models.** És fonamental disposar d'un entorn per poder validar els models de IA abans de posar-los en producció. En aquest sentit seria necessari definir un estàndard de qualitat per la seva aprovació, per tal de tenir unes garanties dels algoritmes desenvolupats. D'altra banda és molt important ressaltar que els models s'han d'anar actualitzant i mantenint al dia en funció de com evolucionen les malalties, mètodes de diagnòstic, etc.¹
- **Interpretabilitat.** Les recomanacions d'un model només són útils si el procés de presa de decisions és explicable. És fonamental la participació de tècnics i experts de la salut per la creació i documentació de les decisions i criteris emprats per desenvolupar els models de la IA. Els metges i altres professionals sanitaris han de poder entendre com funcionen les solucions de la IA per utilitzar-ho.
- **Fiabilitat i escalat.** A l'hora de posar un model en producció, necessitem un pla de com escalarà. S'han de planificar esdeveniments com interrupció del servidor, fallades de connectivitat, detecció d'errors, etc. A més, s'ha de fer un disseny robust que verifiqui els resultats.
- **Ètica.** Disposar d'un comitè ètic que avaluï si es garanteix la privacitat de les dades (de clients o de persones), si es destinen per un us consentit, evitar els biaixos de les dades resultants (de raça, gènere, econòmic, etc) i dels algoritmes resultants (si són de presa de decisions que no estiguin basades en factors discriminadors).

La Comissió Europea subratlla en el seu White Paper de IA² que considera que la fiabilitat és un requisit previ per a l'adopció de la IA. Perquè els sistemes de IA es classifiquin com a fiables, segons el grup d'alt nivell d'experts en IA creat per la Comissió, cal complir set requisits essencials:

1. **Supervisió humana.** Els sistemes de IA han de donar suport a l'autonomia i presa de decisions de les persones, de manera que treballin junts, essent l'ésser humà qui supervisi i prengui les decisions importants.

¹ Babic B, Gerke S, Evgeniou T, Cohen IG. Algorithms on regulatory lockdown in medicine. Science 2019; 366: 1202–04

² European Commission. White paper. On artificial intelligence— a European approach to excellence and trust. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-white-paper-artificial-intelligencefeb2020_en.pdf (accessed March 9, 2020)

2. **Robustesa tècnica i seguretat.** La robustesa tècnica requereix que els sistemes de IA es desenvolupin amb un enfocament de prevenció de riscos i de manera que es comportin de forma fiable tal com es pretén, minimitzant els danys involuntaris i inesperats i evitant danys inacceptables.
3. **Privadesa i governança de dades.** La privadesa és un dret fonamental que pot ser afectat pels models de IA. Es requereix un govern adequat de les dades que cobreixi la qualitat i la integritat de les dades utilitzades, la seva rellevància a la llum del domini en què es desplegaran els sistemes de IA, els seus protocols d'accés i la capacitat de processar les dades de manera que protegeixi la privadesa.
4. **Transparència.** Aquest requisit està estretament relacionat amb el principi d'explicabilitat i inclou la transparència dels elements rellevants per a un sistema de IA: les dades, el sistema i els models de negoci.
5. **Diversitat, no discriminació i equitat.** Els sistemes de IA han de permetre la inclusió i la diversitat al llarg de tot el seu cicle de vida. També implica garantir l'accés als sistemes mitjançant processos de disseny inclusius i un tracte igualitari.
6. **Benestar social i mediambiental.** La societat i els éssers vius en general, i el medi ambient també haurien de ser considerats com a parts interessades al llarg del cicle de vida del sistema de IA. Per tant s'haurien de fomentar la sostenibilitat i la responsabilitat ecològica dels sistemes de IA i afavorir la investigació de solucions de IA que abordin àrees d'interès mundial. Idealment, els sistemes d'intel·ligència artificial haurien d'utilitzar-se per beneficiar tots els éssers humans, incloses les generacions futures.
7. **Responsabilitat.** Cal que es posin en marxa mecanismes per garantir la responsabilitat dels sistemes de IA i dels seus resultats, tant abans com després del seu desenvolupament, desplegament i ús.