

LUISS 

Dipartimento di Scienze Politiche

Cattedra Politiche della Sanità

L'intelligenza artificiale nelle Politiche Sanitarie

Prof. La Spina Antonio

RELATORE

Prof. Morana Donatella

CORRELATORE

Matr.6380102

CANDIDATO

Anno Accademico 2020/2021

Ai miei Nonni

INDICE

<i>Introduzione</i>	4
Capitolo 1: L'Intelligenza Artificiale	7
1.1 Cosa intendiamo per intelligenza.....	7
1.2 Gli algoritmi decisionali e i sistemi esperti.....	14
1.3 Il Machine Learning.....	20
1.4 Le reti neurali e il deep learning.....	27
1.5 I devices.....	31
Capitolo 2: L'Intelligenza Artificiale nella Sanità	34
2.1 L'utilizzo nella diagnostica.....	40
2.2 Sistemi di supporto ai processi decisionali.....	45
2.3 Riabilitazione ed assistenza.....	51
2.4 L'AI nella lotta al Coronavirus.....	55
Capitolo 3: La situazione Italiana	61
3.1 Strategia Europea ed Italiana.....	61
3.2 Normativa sui dispositivi medici.....	68
3.3 Il problema del finanziamento.....	71
3.4 L'invecchiamento della popolazione e nuovi bisogni.....	74
3.5 Medical malpractice e medicina difensiva.....	77
3.6 L'Intelligenza Artificiale salverà la sanità pubblica?.....	81
Capitolo 4: Rischi e dubbi	85
4.1 Il rapporto medico paziente.....	85
4.2 Il digital divide.....	89
4.3 Il rischio discriminazione.....	92
<i>Conclusioni</i>	96
Bibliografia	97
Sitografia	99

INTRODUZIONE

Il tema di questa ricerca prende il via da un'idea affascinante quanto spaventosa: l'intelligenza artificiale. Relegata fino a pochi decenni fa nelle menti di scrittori e registi visionari (A. C. Clarke e S. Kubrick su tutti, con il monumentale 2001 Odissea nello spazio) oggi è sempre più una realtà nella vita di tutti i giorni. L'intelligenza artificiale ad oggi è una realtà consolidata nel web (ricerche personalizzate, profilazione della pubblicità, traduttori e diverse app) ed anche in molti settori della vita economica (assicurazioni, giustizia penale ecc). L'idea di delegare ad un agente artificiale la possibilità di scegliere su temi che influiscono sulla vita di cittadini ed utenti spaventa i più. Bene impressi sono i films fantascientifici che vedono la razza umana schiavizzata da quella meccanica. Il primo capitolo sfaterà i dubbi su un argomento forse troppo dibattuto e poco conosciuto. Nel primo paragrafo si cercherà di identificare cosa sia l'intelligenza e come cambiano i suoi confini nel tempo, per poi porre la domanda: abbiamo davvero creato macchine intelligenti? Successivamente verranno brevemente elencati i diversi rami dell'intelligenza artificiale; quella simbolica, che si avvale di un dataset e di un sistema di ragionamento codificato a priori da esperti e tecnici e quella non simbolica, che si avvale della capacità dell'agente intelligente di "imparare osservando" i fenomeni e da ciò la capacità di poter fare inferenza e saper svolgere compiti assegnati. Verranno brevemente elencate le caratteristiche del machine learning e le sue più innovative versioni, il Deep Learning, che apprende autonomamente con una logica sconosciuta a quella umana "la black box" e le reti neurali, simulazioni elettroniche del funzionamento del cervello umano. Successivamente si passerà alla robotica, definita "intelligenza artificiale nel mondo fisico" mostrando come le regole di apprendimento e di decisione appartengano a una lunga serie di devices e macchinari usati sia in ambito industriale che domestico.

A seguire, nel secondo capitolo, si entrerà nell'ambito della sanità; si mostrerà quanto gli sviluppi tecnologici possano portare beneficio nel quadro di una "sanità 4.0". Verranno presentati i settori dove si vedono i maggiori progressi

nell'applicazione di strumenti intelligenti: la diagnostica, il supporto alle decisioni mediche, la riabilitazione e l'assistenza. Per ogni settore verranno presentati a titolo di esempio strumenti all'avanguardia; per la diagnostica strumenti capaci di riconoscere neoplasie mammarie e malattie cutanee; per il supporto alle decisioni mediche Medidrug, un software che segnali possibili affetti avversi all'assunzione di più farmaci, Babylon health, una app convenzionata con l'NHS che si sta mostrando capace di sostituire sostanzialmente il medico di medicina generale ed IBM Watson, un sistema capace di consigliare le cure più opportune a varie tipologie di tumore, utilizzato in ambito ospedaliero. Per la riabilitazione verranno brevemente elencati dispositivi di supporto alla coordinazione motoria, sistemi per la terapia assistita dell'allenamento fisico e per terapie mentali, cognitive e sociali. Nell'ambito dell'assistenza ci sarà il dualismo tra un dispositivo usato negli ospedali/RSA e quelli usati nell'assistenza domiciliare. Al termine del capitolo si tratterà della pandemia da Covid-19 e di quanto in certi contesti le macchine intelligenti siano state capaci di offrire supporto alla difficile situazione sanitaria, negli ambiti della prevenzione, diagnostica (anche a distanza) e tracciamento dei positivi. Nel terzo capitolo il focus sarà sull'Italia. Nei primi paragrafi ci sarà un excursus sui piani e le strategie europee ed italiane per racchiudere l'intelligenza artificiale in un quadro di sviluppo coerente e che rispetti i valori di intervento e sorveglianza umana, robustezza tecnica, riservatezza e governance dei dati, trasparenza, diversità, non discriminazione ed equità, benessere sociale ed ambientale ed accountability. In seguito ci si soffermerà sul primo atto normativo in materia, ossia il decreto legge n.28 2020 atto a regolare con norma primaria l'app Immuni, dotata di intelligenza artificiale ed utilizzata per tracciare i contatti tra dispositivi di utenti positivi al Coronavirus. La politicizzazione di una issue sostanzialmente depoliticizzata e la sua normazione con una norma primaria può essere letta secondo il punto di vista della teoria dei flussi multipli di Kingdon. In seguito verranno descritti tre dei problemi più gravosi che il Servizio Sanitario Nazionale affronta, ossia il definanziamento, dovuto a misure di austerità implementate dalla grande crisi 2008-2009, l'invecchiamento della popolazione e la crescita della domanda di salute, soprattutto di trattamenti per alleviare le malattie croniche ed infine la medicina difensiva, la pratica medica che consiste in prescrivere trattamenti, analisi e diagnosi inutili aggiuntive con il solo scopo di

svincolarsi dalla responsabilità in caso di trattamento errato. Per finire si cercherà di mostrare come già allo stato attuale della tecnologia, ma soprattutto in futuro con un'implementazione maggiore di strumenti intelligenti, queste tre problematiche, insieme ad altre, potranno essere risolte grazie all'utilizzo dell'intelligenza artificiale ed essere quindi l'ancora di salvezza di un SSN in affanno.

Per finire il quarto capitolo tratterà di alcuni degli aspetti negativi che potrebbe portare un'implementazione delle strumentazioni intelligenti in sanità: la deprofessionalizzazione medica, che relegherebbe il medico ad uno strumento ancillare e accessorio all'intelligenza artificiale; il rischio di digital divide dovuto allo scarso utilizzo di dispositivi per varie ragioni (incompetenza, paura ecc) oppure ad infrastrutture tecniche che non permettono la digitalizzazione dell'intero paese; ed infine il rischio di discriminazione, inevitabile in una tecnologia che emula i bias, le discriminazioni e le storture proprie dei suoi creatori.

CAPITOLO 1: L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE

1. COSA INTENDIAMO PER INTELLIGENZA

Prima di addentrarci nel campo dell'intelligenza artificiale e del suo utilizzo nella sanità è bene soffermarci sul suo concetto "ispiratore", ossia sull'intelligenza umana. Per quanto quest'ultima sia una parola di uso estremamente comune dal significato che può sembrare unico ed ineccepibile, in realtà presenta una certa difficoltà nell'inquadrarla e nel descriverla con contorni netti e marcati. Manca infatti ancora oggi, nella comunità scientifica, un consenso generalizzato su cosa essa sia, su come funzioni e su come quantificarla¹. *"Tutti siamo capaci di riconoscere la stupidità. Quando parliamo di intelligenza invece ciascuno di noi ha una propria idea e dire con certezza cosa sia e cosa assai ardua"*². Questo stride enormemente con l'apparente capacità che appartiene ad ognuno di noi di identificare qualcuno come intelligente e addirittura di comparare individui sulla base dell'intelligenza. Quello che stiamo in realtà attuando è la valutazione di altre caratteristiche, come l'acutezza, la lucidità di pensiero, le capacità dialettiche, la memoria ecc... L'intelligenza rimane invece un fenomeno molto più complesso da illustrare e, nel corso della ricerca nel campo della psicologia, si sono avute diverse interpretazioni in contrasto tra loro.

L'interesse per quantificare l'intelligenza o il genio emerge nella seconda metà del XIX secolo, sorretta dagli ideali positivisti che vedevano ogni fenomeno del mondo come conoscibile e misurabile. Il vero capostipite di tale approccio è A. Binet che insieme a T. Simon nel 1905, sotto commissione delle autorità scolastiche Parigine,

¹ S. MICELI, A. GANGEMI, *Psicologia dell'intelligenza*, Laterza, 2011, p.8

² S. QUINTARELLI, *Intelligenza Artificiale, cos'è davvero, come funziona, che effetti avrà*. Bollati Boringhieri, 2020, p. 8

formularono una scala per quantificare l'intelligenza dei bambini dai 3 ai 13 anni.³ Questa scala di misurazione si basava sul risultato numerico della somministrazione di test standardizzati rapportati all'età del tester. Secondo questo metodo ogni età biologica ha la sua età mentale. Il test aveva l'onere, attraverso la risposta ai quesiti, di trovare gli studenti con un'età mentale maggiore o minore di quella biologica, per definire i programmi di studio differenziati per gli alunni "meno intelligenti": *"Abbiamo voluto semplicemente mostrare che è possibile constatare in maniera precisa, veramente scientifica, il livello mentale di un'intelligenza, di comparare a questo livello il livello normale e di concludere di conseguenza di quanti anni un bambino è indietro"*.⁴

L'approccio quantitativo all'intelligenza è stato dominante fino agli anni 80', anche grazie all'enorme utilizzo per i fini più disparati del test del quoziente intellettivo (QI), che altro non è che l'elaborazione della scala Binet Simon ad opera di W.Stern⁵. Per quanto misurabile l'intelligenza rimane un oggetto sconosciuto. Nel definirla, L'Oxford Companion to the Mind ha affermato: *"Sono disponibili innumerevoli test per misurare l'intelligenza ma nessuno sa con sicurezza che cosa sia l'intelligenza, e addirittura nessuno sa con sicurezza che cosa misurino i test disponibili"*⁶

Questa scuola di pensiero che definisce l'intelligenza umana come unica, misurabile e comparabile perde il suo carattere di paradigma dominante presso la comunità scientifica e, a cascata, presso l'opinione pubblica all'emergere di una nuova sensibilità riguardo le peculiarità soggettive degli individui. Ad oggi la teoria più pacifica su cosa sia l'intelligenza è ad opera di Howard Gardner, il quale teorizza e amplia il concetto già in auge di intelligenza come fenomeno multidimensionale. Nel suo studio arriva a teorizzare l'esistenza di sette tipi di essa: logico-matematica, linguistica, musicale, spaziale, corporeo-cinestetica,

³ A. BINET, T. SIMON, *Methodes nouvelles pour le diagnostic du niveau intellectuel des anormaux*. Année Psych 1905;11:191-336.

⁴ Ibidem

⁵ Per approfondire il metodo di rilevazione del QI: W. STERN. *The Q.I: measurements of intelligence*. Cambridge: Cambridge University Press, 1912.

⁶ L. GREGORY, *"Innumerable tests are available for measuring intelligence, yet no one is quite sure of what intelligence is, or even of just what is that available tests are measuring"*. Voce *"Intelligence"* in the Oxford Companion to the Mind, Oxford, 1987, p.375. Cit. in: G. PASCERI, *Intelligenza Artificiale, Algoritmo e Machine Learning*, Giuffrè Editore, 2021, p.14

interpersonale, intrapersonale⁷. Queste sette dimensioni dialogherebbero molto poco tra loro e si svilupperebbero in maniera quasi indipendente l'una dall'altra. Ciò spiegherebbe l'eterogeneità "dell'essere intelligenti", ossia ci conduce a spiegare l'esistenza di tante "specialità" e che nessun individuo possa, senza alcun ragionevole dubbio, eccellere in tutte. Sul solco delle intelligenze multiple D. Goleman ne ha aggiunta un'ottava: quella emotiva⁸. L'intelligenza umana è quindi un oggetto misterioso, un qualcosa che esiste ma non si sa bene cosa sia. Nel 2014 la psicologa L.S. Gottfredson nel cercare di trovare una quadratura del cerchio ha affermato, con una definizione più ampia possibile: *"non è solo la capacità di ragionare, pianificare, risolvere problemi, pensare in modo astratto, dialogare e comprendere idee complesse ed apprendere dall'esperienza, ma si caratterizza da abilità che costituiscono capacità di adattamento, arguzia, capacità intuitiva e profonda nel capire gli avvenimenti che percepiamo, riuscendo ad attribuire istintivamente un significato e riuscire a comportarsi di conseguenza in modo più o meno avveduto"*⁹. Da questo breve excursus è comprensibile che l'oggetto trattato è quanto di più sfuggente possibile. La neurologia, nonostante gli incredibili passi avanti compiuti nello studio del cervello, ossia una topografia pressoché completa delle zone cerebrali che "si attivano" quando facciamo qualcosa e di quali zone "sono adibite" ad una certa funzione (memoria, emozioni, regolazioni corporee ecc...) non riesce ancora a spiegare come sia possibile che gli infiniti output cerebrali siano frutto delle diverse interconnessioni di unità biologiche regolari e uniformi, ossia i neuroni¹⁰.

L'intelligenza artificiale presenta gli stessi problemi di inquadramento della variante umana. La definizione più utilizzata è quella di John McCarthy, padre fondatore e pioniere della disciplina, il quale la definì nel Convegno estivo sull'AI di Dartmouth del 1955 come il processo *"consistente nel far sì che una macchina si comporti in modi che sarebbero definiti intelligenti se fosse un essere umano a*

⁷ Per saperne di più: H. GARDNER, *Formae mentis. Saggio sulla pluralità dell'intelligenza*, Feltrinelli, 2013.

⁸ D. GOLEMAN, *L'intelligenza Emotiva, che cos'è e perché può renderci felici*, Rizzoli, 2011

⁹ L.S. GOTTFREDSON, *Mainstream Science on Intelligence*, Wall Street Journal, New York, 13 Dicembre 1994. Cit. da G. PASCERI, *Intelligenza Artificiale, Algoritmo e Machine Learning*, Giuffrè Editore, pp. 14-15.

¹⁰ J. KAPLAN, *L'intelligenza Artificiale*, Luiss University Press, 2018, p. 19.

*comportarsi così*¹¹". Questa descrizione ci fornisce una fitta rete di dubbi: una calcolatrice emula un certo tipo di comportamento umano, ossia quello di fare calcoli; lo fa senza alcun errore e in un tempo estremamente ridotto rispetto a qualunque essere umano. Ciò però non ci fa etichettare la calcolatrice come dotata di intelligenza artificiale¹².

Della stessa idea di McCarty, ossia che l'AI (artificial intelligence) dovesse emulare il comportamento umano, è Alan Turing, padre dell'informatica e uno dei matematici più importanti del XX secolo. Nel suo famoso e controverso articolo del 1950 "*computer Machine and intelligence*" propose un criterio, il "test di Turing" per definire se le macchine fossero in grado di pensare (è caratteristico come l'idea di macchine pensanti fosse antecedente alla coniazione della materia e dei primi device definibili intelligenti). Il test, soltanto ipotizzato nell'articolo verteva in un soggetto umano che dialoga digitalmente sia con un altro umano, a distanza attraverso un'apparecchiatura, sia con computer "pensante". Lo scopo del test era quello di misurare quanto il macchinario fosse intelligente, ossia quanto riuscisse ad emulare il comportamento umano fino a sembrare esso stesso l'uomo. Nello svolgimento, la persona che esegue il test si trova davanti ad un terminale e scrive attraverso una tastiera domande sia ad un operatore umano, sia al macchinario, ricevendone risposta. Le parti interrogate devono cercare di convincere l'interrogatore di essere essi stessi l'uomo, rispondendo nel modo più umano possibile alle sue domande e facendo crescere il dubbio che la parte loro antagonista fosse il computer. Un macchinario sarebbe stato intelligente se dopo un duro interrogatorio avesse persuaso l'interrogatore sulla sua natura, ovvero quando esso non sarebbe stato capace di distinguere chi fosse l'operatore e chi il macchinario¹³.

Nel 2018 la Commissione Europea in una comunicazione ai principali organi dell'UE riguardo l'intelligenza artificiale utilizza una definizione sulla falsariga di quella di McCarty: "*quei sistemi che mostrano un comportamento intelligente*

¹¹ J. MC CARTHY, M.L. MINSKY, N. ROCHESTER, C. E. SHANNON, *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*, Stanford, 1955.

¹² J. KAPLAN, *Intelligenza Artificiale*, Luiss University Press, 2018.

¹³ A. TURING, *Computing Machinery and Intelligence* 1950

*analizzando il proprio ambiente e compiendo azioni, con un certo grado di autonomia, per raggiungere gli obiettivi specifici”¹⁴. Sempre la Commissione, nel White Paper sull’Intelligenza Artificiale pubblicato nel 2020 la enuncia come “L’area informatica che mira a realizzare macchine o applicazioni che possono replicare, in qualche modo, quanto gli esseri umani svolgono regolarmente seppur con maggior tempo e impegno”¹⁵”. La circolarità e l’ambiguità della definizione (è intelligente ciò che sarebbe intelligente per un uomo) è nello stesso tempo, il propulsore ed il freno della materia. La promessa di simulare il genio umano e di impiantarla in macchine dotate di potenza di calcolo superiore è stata, in maniera pressoché ciclica, fonte di smisurati finanziamenti e di repentini definanziamenti al primo passo falso. McCarty e colleghi avevano per primi intravisto come la potenza di calcolo dei neonati computer (utilizzati per calcolare le traiettorie dei razzi nemici o decifrare codici segreti durante la guerra) potevano combinarsi con la logica simbolica, ovvero “la branca della matematica che si occupa di rappresentare concetti e affermazioni come simboli e poi definisce varie trasformazioni per manipolare questi simboli”¹⁶”. Il nucleo iniziale dell’intelligenza artificiale è quindi quello secondo cui uno stimolo viene trasformato in simbolo, tradotto in linguaggio-macchina, compreso dalla stessa, elaborato secondo i fini eteroimposti ed emesso come output. La materia è nata con lo scopo di utilizzare questi algoritmi per risolvere teoremi matematici ancora irrisolti. Nel convegno di Dartmouth si andò però oltre, prevedendo che questo semplice iter potesse “migliorarsi”, ossia che le macchine perfezionassero di volta in volta il procedimento (l’algoritmo) per raggiungere l’output richiesto, attraverso la somministrazione continua di nuovi stimoli dall’esterno “*probabilmente una macchina davvero intelligente compirà attività che potremmo descrivere al meglio come automiglioramento*”¹⁷”.*

¹⁴ Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, Bruxelles, art.1. 7 dicembre 2018, COM(2018) 795 Final.

¹⁵ Commissione Europea: *White paper on Artificial Intelligence-A European approach to excellence and trust*. COM(2018) 65 Final.

¹⁶ J. KAPLAN, *Intelligenza Artificiale*, Luiss University Press, 2018, p. 28.

¹⁷ *Ibidem* p. 29.

Ciò porterà con l'avanzamento tecnologico dei nostri tempi a macchine capaci di creare stimoli da sole, e da questi imparare e migliorarsi in un vero e proprio circolo virtuoso che si autoalimenta. L'approccio pratica-miglioramento è uno dei punti in comune tra l'intelligenza artificiale e quella umana. "Donando" alle macchine la capacità di risolvere i nostri problemi, abbiamo indirettamente donato il modo di farlo come noi: appartiene al processo razionale dell'intelligenza artificiale *l'induzione*, ossia il procedimento cui mediante l'osservazione di casi si arriva a una conclusione valida per molteplici casi simili; *la deduzione*, quello per cui a partire da premesse definite si arriva ad una conclusione valida in riferimento a quelle precise premesse ed infine *l'analogia*, ossia l'interpretare stimoli sconosciuti comparandoli con input e processi simili già analizzati¹⁸. Se oggi le macchine sono nostre alleate in ogni ambito della nostra vita, dal farci scoprire nuova musica "ricordando" i brani che ci piacciono di più, al diagnosticare in maniera repentina un melanoma maligno della pelle, dopo aver "fatto pratica" su migliaia di immagini simili, lo dobbiamo essenzialmente al "nostro" modo di ragionare e alla "loro" capacità di memorizzare, imparare ed analizzare dati con una velocità ed efficienza impensabili per la mente umana. Un'altra forte similitudine tra noi e le macchine viene dal premio Nobel per l'economia a Daniel Kahneman, che divide le nostre attività cognitive in lente e veloci¹⁹. Le prime sono quelle che si attivano ogniqualvolta è necessario prendere una decisione difficile, quando ragioniamo in maniera conscia utilizzando la razionalità per analizzare le varie incognite e scegliere quella migliore per i nostri fini. Le attività cognitive veloci sono invece quelle che utilizziamo la stragrande maggioranza delle volte, ossia quando il nostro cervello decide e ragiona in maniera automatica: come quando associamo lo squillo del citofono ad una visita che aspettavamo, oppure quando "istintivamente" riconosciamo lo stato d'animo di una persona da uno sguardo frugale. Anche le macchine hanno questo dualismo nelle loro attività "intelligenti". Il pensiero lento è associabile alla tecnologia dei "sistemi esperti" mentre quello veloce al "machine learning".

¹⁸ G. COLLECCHIA, R. DE GOBBI, *Intelligenza Artificiale e Medicina Generale*, Il Pensiero Scientifico Editore, 2020, pp.6-7.

¹⁹ Per saperne di più D. KAHNEMAN, *Pensieri lenti e veloci*, Mondadori, 2013

Le somiglianze appena descritte potrebbero far concludere che le macchine siano intelligenti quasi quanto noi, vista la loro capacità di emulare le nostre basi dell'apprendimento e della conoscenza. Questo però, allo stato dell'arte attuale, è ancora inesatto. Le macchine operano *soltanto* nei limiti dell'algoritmo che le ha generate e nelle funzioni definite a priori dall'uomo. Nonostante la tecnologia migliori in maniera continua nel tempo²⁰ e la quantità di dati a disposizione per allenare gli algoritmi abbia assunto dimensioni enormi (il cosiddetto Datanami²¹), ogni macchina è intelligente esclusivamente nel suo campo di competenza. Questo tipo di razionalità è stata definita “narrow” ossia chiusa. Un software capace di individuare l'insorgere di problemi cardiaci in maniera precoce attraverso l'analisi continua dei battiti estrapolati da uno Smartwatch, ha fatto ricorso a una lunga serie di capacità come la comparazione delle pulsazioni, la schedulazione e l'analisi dei battiti aritmici, l'analisi probabilistica ecc. Ciò non lo rende un software intelligente in generale, bensì, se intelligente si può definire, solo nel suo specifico ambito²². Ad esso si contrappone l'idea, teorizzata dai ricercatori, di una AI generale o “strong”, ossia quella “*che sarebbe in grado di effettuare le stesse attività di una persona, con la flessibilità e l'adattabilità che contraddistinguono gli esseri umani nell'affrontare e risolvere problemi nuovi senza troppe difficoltà*”²³. Fortunatamente per ora non esistono macchine dotate di intelligenza onnicomprensiva, svincolate dal volere umano, capaci di districarsi nella vita autonomamente e dotate di raziocinio proprio e autoconsapevolezza di esistere. Un algoritmo basato sul machine learning, un device con un alto grado di sensibilità o un assistente vocale capace di dialogare con l'interlocutore svolge esclusivamente i compiti assegnati utilizzando sofisticatissimi algoritmi, sistemi logici, statistici e gran numero di dati. Pertanto, l'AI dei giorni nostri è più simile ad una calcolatrice tascabile, che risolve i compiti che noi le diamo attraverso un sistema che noi definiamo, che al nostro cervello, capace pressoché di tutto; “*forse è l'ampiezza la*

²⁰ La cd. “legge di Moore” F. ROSSI, *I confini del futuro, possiamo fidarci dell'intelligenza artificiale?* Feltrinelli, 2019 p. 37.

²¹ G. COLLECCHIA, R. DE GOBBI, *Intelligenza Artificiale e Medicina Generale*, Il Pensiero Scientifico Editore, 2020, p.49.

²² F. ROSSI, *I confini del futuro, possiamo fidarci dell'intelligenza artificiale?* Feltrinelli, 2019 p. 17.

²³ *Ibidem* p.38

culla dell'intelligenza²⁴". Infine, la potenza di calcolo dei supercomputer attuali non è ancora minimamente paragonabile a quella del nostro cervello. Con soli 1,5 kg di peso, esso è formato da circa un miliardo di neuroni ed è capace di effettuare un exaflop, ossia 10^{18} operazioni al secondo utilizzando solo 20 watt di energia. A confronto i migliori computer eseguono "solo" 10^{15} operazioni al secondo (un petaflops), consumando energia pari a 15 Megawatt²⁵. È quindi di fondamentale importanza ricordare che le macchine hanno estrapolato, migliorando e velocizzando, soltanto poche facce dell'enorme prisma di possibilità di azioni che si trova nella nostra mente. Per quanto abbiano imparato a relazionarsi col mondo e con gli stimoli esterni, rimangono rinchiusi nel recinto dell'algoritmo che le ha generate. Quindi è impossibile dire se siano intelligenti o meno, ciò deriva dall'ampiezza della definizione che diamo di intelligenza.

1.2 ALGORITMI ED I SISTEMI ESPERTI

Il termine algoritmo o algorismo deriva da al-Khwarizmi, matematico persiano del IX secolo d.C. che introdusse il sistema decimale posizionale e lo zero in Europa. Il suo trattato "*al-Kitāb al-mukhtaṣar fī ḥisāb al-jabr wa al-muqābala*" scritto nell'820 riprende e amplia le basi metodologiche dell'aritmetica ellenistica e indiana. È stato tradotto in latino da Gerardo da Cremona nel XII secolo come "Algoritmi de numero Indorum" ossia Libro di al-Khwarizmi sui numeri indiani²⁶. L'idea di base è quella che per risolvere i problemi ci sia una procedura standardizzata e sempre uguale, fondata sull'*al-jabr (algebra)*, traducibile come "risoluzione", che consiste nello spostamento di termini negativi da uno all'altro membro dell'equazione e sull'*al-muqābala (riduzione)*, consistente nella semplificazione dei termini uguali presenti in entrambi i membri dell'equazione. Possiamo quindi definire l'algoritmo come "*quel procedimento che dà calcolabilità ai problemi*"²⁷, oppure come "*procedimento che risolve un determinato problema attraverso un numero finito di passi elementari, chiari e non*

²⁴ J. KAPLAN, *Intelligenza Artificiale*, Luiss University press, 2018, p. 18.

²⁵ F. ROSSI, *I confini del futuro, possiamo fidarci dell'intelligenza artificiale?* Feltrinelli, 2019 p. 47.

²⁶ Ibidem, p. 27.

²⁷ G. PASCERI, *Intelligenza Artificiale, Algoritmo e Machine Learning*, Giuffrè Editore, p.12.

*ambigui*²⁸”. Il procedimento algoritmico non è appannaggio solo della matematica e delle materie ad essa affini, come l’informatica e l’intelligenza artificiale, bensì è utilizzata in tutte quelle operazioni complesse che hanno bisogno di un iter prestabilito; *“non tutti gli algoritmi riguardano o si occupano di intelligenze artificiali, ma tutti i sistemi di intelligenza artificiale-come qualsiasi sistema informatico-presuppongono l’uso di algoritmi*²⁹”; anche seguire la ricetta per cucinare una torta è un procedimento algoritmico³⁰. Uno dei primi algoritmi rintracciabili nella storia appartiene ad Euclide, che 2300 anni fa definì la strategia per estrarre il massimo comune divisore (MCD) da due numeri, A e B. Il primo passo è quello di confrontarli, se A e B sono uguali il MCD è A. Se i numeri sono diversi si va avanti nella sequenza: se $A > B$ si calcola l’MCD di $A-B$ e B; se per esempio i numeri sono 18 e 12 si calcola l’MCD di 6 ($18-12$) e 12. Visto che i numeri sono diversi si continua con il medesimo iter, ossia calcolando l’MCD di 12 e 6. È facile a questo punto, seguendo l’operazione precedente calcolare l’MCD di 12 e 6. Attraverso la sottrazione di questi due termini il risultato (6) è uguale ad uno dei membri, e quindi 6 è il massimo comune divisore tra 18 e 12³¹. Questo metodo, per quanto possa sembrare complesso e anti-intuitivo è capace attraverso la ricorsività delle due sole istruzioni prima elencate (se $A=B$ allora A; se $A > B$ allora $A-B$ e B), di calcolare l’MCD di due numeri tra qualsiasi numero naturale, zero escluso. L’informatica e successivamente l’intelligenza artificiale hanno utilizzato fin dalle fasi iniziali il metodo algoritmico per eseguire i compiti loro stabiliti e ancora oggi esso rappresenta il tassello minimo e fondamentale di queste discipline, proprio come la cellula è l’elemento minimo ed insostituibile della vita. L’utilizzo degli algoritmi da parte delle macchine ha lo scopo di *“ridurre il margine di errore che l’uomo potrebbe (accidentalmente) commettere impiegando il medesimo tempo*³²”.

²⁸ A. LONGO, G. SCORZA, *Intelligenza Artificiale, impatto sulle nostre vite, diritti e libertà*, Mondadori Università, 2020, p.11.

²⁹ U. RUFFOLO, *Intelligenza Artificiale, Il diritto, I diritti, L’Etica*, Giuffrè Editore, 2020, pp. 63-64. Cap. di G. SARTOR e G. LAGIOIA.

³⁰ F. ROSSI, *I confini del futuro, possiamo fidarci dell’intelligenza artificiale?* Feltrinelli, 2019 pp. 26-27.

³¹ G. COLLECCHIA, R. DE GOBBI, *Intelligenza Artificiale e Medicina Generale*, Il Pensiero Scientifico Editore, 2020, p.25.

³² G. PASCERI, *Intelligenza Artificiale, Algoritmo e Machine Learning*, Giuffrè Editore, p.35.

Le caratteristiche fondamentali dell'algoritmo nell'intelligenza artificiale e, prima ancora, nell'informatica sono³³:

- a) *Atomicità*: ogni operazione deve essere costituita da un singolo passo elementare;
- b) *Non ambiguità*: tutti i passaggi devono essere ugualmente comprensibili sia dalla macchina che dall'essere umano;
- c) *Finitezza*: deve ricevere e successivamente processare un numero finito di dati;
- d) *Terminazione*: l'algoritmo deve necessariamente terminare il processo in un lasso di tempo finito;
- e) *Effettività*: il procedimento algoritmico deve portare a un risultato;
- f) *Univocità*, a fronte di una quantità finita di dati, l'algoritmo deve restituire un unico risultato.

Soprattutto nel primo “macro-periodo” dello sviluppo dell'AI, ossia dagli anni 50' agli anni 80' si pensava che l'unico modo per creare macchine intelligenti fosse quello di utilizzare la logica simbolica, ossia tradurre input in linguaggio-macchina ed utilizzare algoritmi precedentemente definiti per ricevere l'output desiderato. L'unica differenza tra l'AI e l'informatica era quello secondo cui la prima avrebbe dovuto essere più “flessibile” della seconda, ossia avrebbe dovuto derivare l'output da dati meno strutturati o incompleti, attraverso il metodo deduttivo associato a previsioni statistiche. Il metodo induttivo, quello secondo cui dall'osservazione deriva la costruzione dell'iter da seguire, è la base dell'approccio non simbolico e nello specifico del machine learning, dominante dagli anni 90. L'algoritmo simbolico intelligente funziona seguendo due criteri; il primo è la previsione della ripetitività di ciò che è già successo, il secondo, simile all'analogia, è quello secondo cui due input simili devono essere trattati nel medesimo modo³⁴. Oltre a ciò, gli algoritmi sono in grado di intraprendere calcoli probabilistici con una enorme mole di dati e capaci adoperare l'euristica. Questo insieme di tecniche, prese dal modo di ragionare degli animali e dell'uomo, è una semplificazione necessaria della realtà per ottenere un certo risultato. Spesso è possibile che le operazioni

³³ Ibidem p.34.

³⁴ U. RUFFOLO, *Intelligenza Artificiale, Il diritto, I diritti, L'Etica*, Giuffrè Editore, 2020, p. 13, cap. 1 di L. D'AVACK

sequenziali che l'algoritmo deve affrontare siano talmente tante (la cosiddetta esplosione combinatoria) che non è possibile analizzarle tutte; ciò succedeva soprattutto quando si voleva utilizzare la logica simbolica per insegnare alle macchine, attraverso algoritmi, a giocare a scacchi (è stimato che il numero di partite uniche siano 10^{120}).³⁵ Hanno quindi insegnato alle macchine strategie per ottenere il risultato al minimo sforzo. Una euristica molto utilizzata è la greedly (traducibile come golosa) che consiste nello scegliere sempre l'opzione che dà più benefici, ossia che porta all'output richiesto nel tempo minore³⁶. È quindi sbagliato pensare che gli algoritmi simbolici siano strutture elementari e poco innovative; essi spesso sono procedimenti complessi dove un certo input è scomposto in una moltitudine di altri, i quali sono processati da algoritmi specifici per ognuno di essi, coordinati da algoritmi via via superiori che si azionano e operano a seconda degli output intermedi.

La prima fase dello sviluppo della materia (anni 50'-80') viene chiamata dagli addetti ai lavori GOFAI (*Good Old-Fashioned Artificial Intelligence*³⁷), modo per ricordare in maniera scherzosa i "cari vecchi tempi", ossia quando l'intelligenza artificiale era utilizzata solo in un ambito strutturato e dai confini certi, come in un laboratorio o in una partita di scacchi. Sarebbe sbagliato però pensare che questo approccio in una realtà semplificata non sia più utilizzato ai giorni nostri; in tutte le operazioni dove un computer deve risolvere compiti di routine, come rispondere a domande preimpostate o effettuare cambi di password alla richiesta degli utenti, si utilizza il metodo algoritmico simbolico. Uno sviluppo repentino e inaspettato, vista "l'anzianità" del metodo, è quella che si è vista in questi anni con le chatbot. Queste sono delle stanze di dialogo tra uomo e macchina, le quali comprendendo e analizzando il linguaggio naturale, il dialogo scritto, rispondono alle domande dell'interlocutore su un argomento comune, ipotizzato come probabile nella scrittura dell'algoritmo. Le chatbot si utilizzano soprattutto nei siti dove è prevista un'assistenza clienti³⁸. Le domande non possono discostarsi troppo da quelle che

³⁵ D. RASSKIN-GUTMAN, *Metáforas de ajedrez: la mente humana y la inteligencia artificial*, La Casa del Ajedrez, 2005.

³⁶ J. KAPLAN, *L'intelligenza Artificiale*, Luiss University Press, 2018, p. 41

³⁷ Ibidem, p. 40

³⁸ A. LONGO, G. SCORZA, *Intelligenza Artificiale, impatto sulle nostre vite, diritti e libertà*, Mondadori Università, 2020, p.23.

gli sviluppatori dell'algorithm credono i clienti facciano; per questo sono utilizzati soltanto nella fase iniziale del rapporto con essi. Le chatbot hanno assunto un ruolo fondamentale ed inaspettato nella fase più dura (Marzo-Aprile 2020) della pandemia da covid-19. Rispondendo alle domande di persone con sintomi riferibili all'infiammazione da coronavirus hanno fatto in modo di decongestionare il sistema sanitario, diventando sia un utile dispensatore di informazioni per i pazienti in isolamento fiduciario a casa, sia un importante gatekeeper capace di smistare i possibili casi di covid-19 dalle altre possibili diagnosi, sia una via privilegiata per accedere al soccorso di medici, in caso di sintomi più gravi. Ciò ha fatto in modo che l'enorme mole di pazienti ricevesse celermente risposte ai propri interrogativi rimanendo a casa e non recandosi di persona in luoghi ad alto rischio contagio come pronto-soccorsi o ospedali³⁹.

Un altro metodo simbolico, caldeggiato fortemente dai ricercatori negli anni Ottanta, è il sistema esperto. Si pensava che fosse possibile racchiudere all'interno di una miriade di algoritmi, tutto il sapere di un esperto umano e che la macchina, grazie a questa infinita mole di informazioni, potesse sostituirlo nel suo ambito di competenza. L'obiettivo principale era quello di rendere fruibile ad un costo più basso competenze umane rare⁴⁰. La programmazione dei sistemi esperti comprendeva due parti: la base di conoscenze, ossia dati che riguardano le regole e le relazioni di una specifica competenza rara, ed una base inferenziale o "motore di inferenza" il quale descrive il modo in cui tali dati, rappresentati come simboli, devono essere manipolati. Ciò è molto simile al modo di pensare che hanno gli esperti; essi infatti hanno sia la base teorica, cioè le conoscenze generali che hanno acquisito attraverso lo studio, sia la base inferenziale, cioè la loro capacità di comprendere la realtà e il modo in cui sono capaci di manipolare ed adeguare le conoscenze che hanno appreso a seconda del caso che li si presenta davanti. *"Un sistema esperto simula il processo decisionale di un essere umano in uno specifico contesto al fine di automatizzare il modello utilizzato dall'esperto umano e risolvere le problematiche di quel determinato scenario"*⁴¹. Un esempio di scuola

³⁹A. LONGO, G. SCORZA, *Intelligenza Artificiale, impatto sulle nostre vite, diritti e libertà*, Mondadori Università, 2020, p.40.

⁴⁰J. KAPLAN, *L'intelligenza Artificiale*, Luiss University Press, 2018, p. 37.

⁴¹S. QUINTARELLI, *Intelligenza Artificiale, cos'è davvero, come funziona, che effetti avrà*. Bollati Boringhieri, 2020, p. 17.

è quello riguardo il medico di base: nello svolgere la sua professione deve essere in grado di manipolare il suo background di conoscenze specialistiche a seconda delle evidenze cliniche che gli si presentano in una visita con un determinato paziente. Questo processo può essere riassunto come un modello condizionale: se il paziente ha febbre e dolori muscolari e ci si trova in un mese invernale, probabilmente avrà l'influenza stagionale. I sistemi esperti hanno quindi la pretesa di riuscire a rappresentare il sapere umano attraverso conoscenza esplicita e metodi condizionali, il tutto tradotto in dati memorizzati e algoritmi decisionali. Quando il caso reale presenta uno scenario incompleto, per esempio se nel caso citato prima non ci fossero i dolori muscolari, sarebbe possibile comunque diagnosticare una diagnosi "probabilmente vera" dell'influenza attraverso il metodo logico-deduttivo; infatti, come gli esperti sono capaci di dedurre una patologia nonostante le informazioni incomplete, anche i sistemi esperti sono in grado di fare la stessa cosa, con il metodo chiamato "fuzzy logic⁴²", ossia attraverso la logica deduttiva e l'analisi probabilistica. Si pensava che utilizzare il modello simbolico (ossia i simboli comprensibili agli umani) per rappresentare la base di conoscenza e il motore inferenziale fosse una garanzia di trasparenza e comprensibilità del processo. Se la materia specifica aveva dei "buchi" nella traduzione in algoritmi oppure la soluzione affidata alla fuzzy logic era fuorviante (cosa molto probabile vista la mutevolezza della realtà e la limitatezza di analisi del procedimento algoritmico) era necessario che i programmatori incontrassero un comitato di esperti nella materia affidata alle macchine e riscrivessero o aggiornassero i procedimenti decisionali⁴³. Se per esempio nel Gennaio-Febbraio 2020 un sistema esperto specializzato in medicina avesse incontrato casi di polmonite interstiziale bilaterale insieme ad altri sintomi (diarrea, congiuntivite, mal di gola) non sarebbe mai riuscito a dedurre un'infezione da covid-19, ma avrebbe trattato i sintomi come un'altra patologia, ignorando le evidenze cliniche che non riusciva a spiegare o come un insieme di varie patologie (polmonite, gastroenterite, allergia al polline). Ciò avrebbe portato a curare in maniera convenzionale un agente patogeno alieno alle conoscenze pregresse, non tenendo caso delle necessarie forme di

⁴² A. LONGO, G. SCORZA, *Intelligenza Artificiale, impatto sulle nostre vite, diritti e libertà*, Mondadori Università, 2020, p.22.

⁴³ J. KAPLAN, *L'intelligenza Artificiale*, Luiss University Press, 2018, p. 45.

distanziamento a cui abbiamo dovuto abituarci (autoisolamento, sanificazione ambienti ecc). Trattando il covid-19 come una vecchia patologia non si sarebbe arrivati nemmeno alla scoperta e isolamento del virus da sars-cov2.

La pretesa di riuscire a racchiudere tutta la conoscenza di una determinata materia all'interno di una macchina, di tradurla in modelli matematici con necessari aggiornamenti continui, insieme alla presunzione che schemi decisionali condizionali potessero essere una chiave di lettura esaudente della realtà, si arenarono nei primi anni Novanta: *“questi sistemi, infatti, peccano nella rappresentatività: al crescere della conoscenza cresce in maniera esponenziale il numero di regole necessarie per rappresentare le situazioni reali che si vogliono considerare. La conseguenza è drammatica: più grande è la conoscenza, più grande è lo spazio che questa occupa per essere rappresentata, ma soprattutto più lento diventa il sistema che deve esplorare questa conoscenza per trovare la risposta cercata⁴⁴”*. Il miglioramento della tecnologia, unita al nuovo approccio non simbolico di autoapprendimento (machine learning) cambiò completamente il paradigma dell'intelligenza artificiale, passando da una logica deduttiva (conosco quindi opero) a una induttiva (dai casi apprendo per operare).

1.2 MACHINE LEARNING

Il fallimento dei sistemi esperti portò a un cosiddetto “inverno” dell'AI⁴⁵. I finanziatori in nuove tecnologie delusi dai successi limitati e dai limiti tecnici del sistema simbolico investirono in quegli anni (90') nel cosiddetto dot.com. A rivoluzionare e dare nuova linfa all'AI fu un giovane gruppo di ricercatori capitanati da Ray Solomonoff, i quali attraverso l'applicazione del teorema di Bayes (test-errore-ritest) modificarono il paradigma metodologico dell'intelligenza artificiale. Dal metodo deduttivo e dalla logica simbolica si passò ad un metodo induttivo e ad una logica non simbolica. Si abbandonò quindi la pretesa di costruire macchine intelligenti attraverso l'iter di programmare algoritmi traducendo la

⁴⁴ S. QUINTARELLI, *Intelligenza Artificiale, cos'è davvero, come funziona, che effetti avrà*. Bollati Boringhieri, 2020, p. 17.

⁴⁵ G. PASCERI, *Intelligenza Artificiale, Algoritmo e Machine Learning*, Giuffrè Editore, 2021, p.3

logica simbolica in linguaggio macchina, per aderire ad un approccio completamente opposto: sarebbe stata la macchina stessa a riconoscere e tradurre i simboli da sé, dall'autocomprensione sarebbero derivati autonomamente algoritmi decisionali capaci di svolgere previsioni e prendere decisioni. Gli scienziati stessi, per rimarcare l'abbandono "dell'era" simbolica, divisero la storia dell'AI in due tappe: la GOFAI, vista precedentemente, e la NFAI "*New Fangled Artificial Intelligence*". Il primo "prodotto" dell'approccio non simbolico è il machine learning, metodo di autoprogrammazione guidata che promette il continuo aggiornamento degli algoritmi decisionali attraverso l'autoscrittura e autocomprensione degli input simbolici. La statistica Bayesiana, metodo di riferimento di tutta la NFAI, è un particolare approccio all'inferenza statistica la quale si basa su un assioma molto semplice: è possibile aggiornare il grado di fiducia (la probabilità) di una ipotesi aprioristica se attraverso l'osservazione della realtà i dati rilevati la confutano⁴⁶. Il primo elemento della statistica Bayesiana è un'ipotesi associata ad un certo grado di probabilità (inizialmente molto basso) la quale deve essere testata attraverso l'osservazione del fenomeno che deve prevedere. Se le osservazioni la smentiscono l'ipotesi non è confutata, è invece aggiornata e quindi diventa più appropriata a descrivere il reale funzionamento della realtà. Questo metodo basato su test e aggiornamenti continui dell'ipotesi è fortemente empirico e flessibile ed è fondamentale per riuscire a prevedere fenomeni in un contesto non controllabile, come è il mondo reale.⁴⁷ Per la nuova generazione di scienziati dell'AI gli algoritmi decisionali dovevano seguire lo stesso *modus operandi*; non dovevano quindi rimanere statici alla realtà, spesso collidendo con essa, ma bensì dovevano auto-aggiornarsi, modificando se stessi ogni qual volta risultassero obsoleti.

La logica di questo cambio di veduta è che l'intelligenza umana, nell'accezione di saper risolvere i problemi, non è un elemento a priori presente dalla nascita ed immutabile nel tempo, ma è necessariamente subordinata all'apprendimento,

⁴⁶D. TREVISAN, *Appunti sulla Statistica Bayesiana* <https://people.dm.unipi.it/trevisan/didattica/2016-2017/statistica-bayesiana.pdf> consultato il 24/07/2021

⁴⁷ G. COLLECCHIA, R. DE GOBBI, *Intelligenza Artificiale e Medicina Generale*, Il Pensiero Scientifico Editore, 2020, p.15.

all'esperienza, alla pratica e all'allenamento⁴⁸; una metafora molto pertinente è quella di un bambino che attraverso l'osservazione degli adulti capisce autonomamente, attraverso la pratica, i tentativi e gli errori, come mangiare da solo con il cucchiaino senza sporcarsi troppo⁴⁹. Allo stesso modo è controintuitivo nella logica dell'emulazione dell'intelligenza umana prefigurare macchine con capacità di ragionamento aprioristico, statico o difficilmente modificabile, capaci di muoversi soltanto in ambienti controllati come laboratori oppure scarsamente utili, se non dannosi, nei problemi del mondo reale. È quindi chiaro che il modello di machine learning e i modelli più sofisticati che verranno a seguire, come deep learning e reti neurali, sono frutto di un approccio più realistico al funzionamento del cervello umano.

In realtà allo stato attuale della tecnologia il cervello umano è di molto superiore al machine learning: se si mostra un gatto ad un bambino che non ne ha mai visto uno, da quel momento in poi sarà capace di riconosce qualsiasi gatto. Ciò non avviene nemmeno con gli strumenti più all'avanguardia basati sull'intelligenza artificiale. È invece necessario che vengano visualizzate centinaia di migliaia di immagini raffiguranti gatti per avere un algoritmo sufficientemente capace di riconoscerne *probabilmente* uno. La causa di ciò, come capiremo meglio nella spiegazione delle reti neurali è che le macchine intelligenti non sono capaci di vedere il contenuto dell'immagine come un unico simbolo, come succede per gli esseri umani; quello che accade è che l'immagine venga scomposta in elementi conoscibili dalla macchina, in questo caso i pixel, ossia punti di colore con una localizzazione spaziale nell'immagine, e che la combinazione di questi pixel in un determinato modo venga associata a una certa probabilità ad immagini di gatti, e quindi ricostruire il simbolo.⁵⁰

Come detto precedentemente, nei sistemi basati sul machine learning continuano a svolgere un ruolo cruciale gli algoritmi, che sono la base dell'informatica e dell'intelligenza artificiale. Essi però rispetto ai sistemi simbolici cambiano

⁴⁸ J. KAPLAN, *Intelligenza Artificiale*, Luiss University Press, 2018, p. 43.

⁴⁹ A. LONGO, G. SCORZA, *Intelligenza Artificiale, impatto sulle nostre vite, diritti e libertà*, Mondadori Università, 2020, p.14.

⁵⁰ A. LONGO, G. SCORZA, *Intelligenza Artificiale, impatto sulle nostre vite, diritti e libertà*, Mondadori Università, 2020, p.24.

funzione: da algoritmi puramente decisionali, capaci soltanto di svolgere operazioni preimpostate, divennero algoritmi di apprendimento. Essi hanno la capacità attraverso l'allenamento e la ripetizione di procedimenti ricorrenti di modificare autonomamente se stessi, ossia di essere capaci di cambiare l'iter procedimentale o creare algoritmi nuovi quando la realtà dove si trovano ad operare non è perfettamente confacente alle basi di conoscenza o al motore inferenziale posseduto fino a quel momento. Cambia in questo contesto anche "chi" rende la macchina intelligente: se prima del machine learning il ruolo principe era svolto dai programmatori, ossia coloro capaci di tradurre in linguaggio macchina simboli comprensibili agli esseri umani fornendole abilità deduttive e inferenziali attraverso la scrittura di algoritmi, con il machine learning è la macchina a diventare intelligente da sé, mentre il programmatore assume il ruolo di supporto: *"i sistemi di machine learning definiscono come trattare gli input di dati e come restituirli; [sono] in grado di apprendere da esempi forniti dall'uomo e di migliorare le prestazioni con l'apprendimento continuo⁵¹".* L'addestramento dei devices dotati di machine learning è una fase imprescindibile per fornire alla macchina le conoscenze procedimentali e la base inferenziale necessaria per svolgere le sue funzioni. Sono tre i possibili processi di addestramento dell'algoritmo:

- a) Apprendimento non supervisionato: la macchina trova autonomamente pattern ricorrenti in un dataset di input fornitogli. Classificando tali input sulla base di caratteristiche comuni ne trae induttivamente schemi ricorrenti. Vista l'elevata autonomia e bassissima controllabilità della categorizzazione, questo metodo di apprendimento è quello utilizzato nella tecnologia del Deep Learning.
- b) Apprendimento supervisionato: nel dataset di addestramento vengono forniti sia gli input che i rispettivi output già validati; questo porta a una sommaria certezza della validità degli algoritmi e della capacità di riconoscere simboli.
- c) Apprendimento per rinforzo: un operatore umano monitora il processo di apprendimento mediante un sistema di pegni e ricompense, è necessario soprattutto nella fase iniziale, quando la macchina non è ancora capace di apprendere autonomamente⁵².

⁵¹ R. MARMO, *Algoritmi per l'intelligenza artificiale*, Hoepli Editore, 2020, p. 52.

⁵² G. PASCERI, *Intelligenza Artificiale, Algoritmo e Machine Learning*, Giuffrè Editore, 2021, p.37.

Affidando agli algoritmi l'aggiornamento di sé stessi, si è perso quel principio di intelligibilità che era stato fondamentale nella logica simbolica. Nessuno sa davvero come gli algoritmi ora funzionino, perché nessuno ha effettivamente scritto l'iter procedimentale che devono svolgere. Per spiegare questo paradosso, ossia che ci affidiamo a macchine che non sappiamo come si siano autoprogrammate, si è coniato il termine “black box” o scatola nera⁵³. Questo concetto sarà ancora più rilevante nella tecnologia del Deep Learning, dove enfatizzando il modello del machine learning gli algoritmi “scoprono” autonomamente evidenze empiriche nascoste all'uomo, creando algoritmi predittivi più precisi, i quali però rimangono ignoti e non utilizzabili al di fuori dell'AI della macchina⁵⁴.

Un altro problema del machine learning è l'incertezza della “bontà”, ossia delle capacità predittive dell'algoritmo; ciò è dovuto alla razionalità induttiva del metodo. Nel ragionamento induttivo sono le osservazioni che fanno la regola ma non avvalorano la verità della stessa che è tale in relazione a quelle determinate osservazioni. Il filosofo David Hume nello spiegare il perenne stato di incertezza congenito nella logica induttiva disse “*Che il sole non sorgerà domani è una proposizione non meno intelligibile e non più contraddittoria dell'affermazione che sorgerà.*”⁵⁵. La logica bayesiana, e, sulle orme di questa, il machine learning e tutta l'intelligenza non simbolica cercano di scongiurare questa problematica di fondo attraverso una enorme mole di dati da analizzare e memorizzare, in modo che la capacità predittiva e procedimentale dell'algoritmo sia frutto non di premesse certe (come nel metodo deduttivo) ma di un gran numero di osservazioni, capaci di rendere l'iter decisionale come il più preciso possibile. Il machine learning nonostante sia stato teorizzato e siano stati costruiti i primi modelli addirittura negli anni 50', ha visto l'inizio del suo apogeo (che continua ancora oggi) quaranta anni dopo. La spiegazione a ciò è dovuta a due fattori: il primo è l'incremento

⁵³ G. COLLECCHIA, R. DE GOBBI, *Intelligenza Artificiale e Medicina Generale*, Il Pensiero Scientifico Editore, 2020, p.13.

⁵⁴ A. LONGO, G. SCORZA, *Intelligenza Artificiale, impatto sulle nostre vite, diritti e libertà*, Mondadori Università, 2020, p.23.

⁵⁵ D. HUME, *Ricerca sull'intelletto umano. Testo inglese a fronte, a cura di M. Dal Prà, Laterza, 2009.*

tecnologico in componenti hardware che ha reso i macchinari più veloci e capaci di analizzare e memorizzare enormi quantità di dati grezzi in un termine temporale molto più breve; il secondo aspetto fondamentale è la mastodontica “digitalizzazione” della nostra vita. È stimato che ogni giorno nel mondo vengano prodotti ben 3 exabyte (10^{18}) di dati, provenienti solo dai dispositivi connessi ad internet e che nel 2020 sia stata prodotta la quantità di 4,4 zettabyte (10^{21})⁵⁶. Questi dati hanno le origini più disparate: dalla ricerca web al like su facebook, dai secondi passati a visualizzare un contenuto visivo al cliccare su una determinata pubblicità, ecc... Queste informazioni create consapevolmente o meno dagli utenti vanno ad arricchire e personalizzare gli algoritmi di ogni dispositivo digitale. Quando pare che il nostro smartphone ci conosca è perché analizza e memorizza ogni dato che produciamo, nostro malgrado. Un ruolo cruciale per la scrittura di algoritmi intelligenti la assumono quindi i dati; nel machine learning non sono più indifferenti all'algoritmo, ma hanno il compito di delinearlo e perfezionarlo. Per fare ciò devono avere certe importanti caratteristiche, che sono:

- a) Realtà ed oggettività
- b) Validità e rigosità scientifica
- c) Idoneità quantitativa e qualitativa per comprendere i casi prevenibili e prevedibili
- d) Intelligibilità
- e) Completezza e accuratezza
- f) Correttezza
- g) Trasparenza
- h) Verificabilità⁵⁷

Se i dati non hanno queste caratteristiche è molto probabile che l'algoritmo da essi derivato possa essere fuorviante. Questi errori definiti “bias” portano con sé molti problemi etici e molte difficoltà soprattutto se vengono utilizzati in un campo sensibile come la medicina. Un esempio di bias dovuto a dati incompleti nell'allenamento dell'algoritmo di riconoscimento facciale di una telecamera di

⁵⁶ G. COLLECCHIA, R. DE GOBBI, *Intelligenza Artificiale e Medicina Generale*, Il Pensiero Scientifico Editore, 2020, p 51.

⁵⁷ G. PASCERI, *Intelligenza Artificiale, Algoritmo e Machine Learning*, Giuffrè Editore, 2021, p.37.

sicurezza è quello accaduto a Joy Buolamwini, dottoranda di colore presso il MIT di Boston. Alcuni suoi colleghi nella fase di “apprendimento” ossia di assimilazione di volti umani all’interno dell’algoritmo di suddetta telecamera, ignorarono di processare i volti delle persone di colore, a quanto pare fortemente minoritarie all’interno di quel panorama universitario. L’algoritmo che ne derivò fu “razzista”, ossia non riconosceva il volto di Joy e di qualsiasi altro studente di colore quando veniva inquadrato⁵⁸. Un altro esempio di bias è verificabile utilizzando Google translate. Il famoso sistema di traduzione utilizza un sofisticatissimo sistema di machine learning, ossia ha “imparato” a tradurre testi, frasi e parole non attraverso la scrittura di algoritmi simbolici (sarebbe impossibile trasferire in linguaggio macchina tutti i lemmi, regole ed eccezioni di ogni lingua parlata e tutte le regole di traduzione). Esso utilizza invece un sistema di autoapprendimento che si alimenta ogni giorno attraverso i miliardi di file già tradotti in varie lingue che si trovano nel web. Non impara davvero a tradurre, impara che una certa parola in una lingua corrisponde (con una certa probabilità) ad un altro termine in un’altra lingua. Questa “neutralità” dell’algoritmo porta ad inevitabili inesattezze se le lingue stesse presentano delle discriminazioni. Un caso paradigmatico è la lingua turca: se traduciamo dall’italiano al turco *“lei è un medico, lui è un infermiere”* avremo come risultato *“O bir doktor. O bir hemşire”*. Se li ritraducessimo dal turco all’italiano avremmo *“lui è un medico, lei è un’infermiera”*. Il turco è una lingua senza genere, quindi quando Google translate ritradurrà in italiano dovrà “ipotizzare”, avvalorato dagli esempi e dai dati che già conosce, il genere delle professioni. È ovvio quindi che i testi in turco per allenare il sistema di traduzione presentano molti più medici maschi e molte più infermiere femmine⁵⁹. Questi bias sono molto gravi quando perdurano discriminazioni, soprattutto in ambito medico: una minoranza discriminata potrebbe non avere un numero sufficiente di dati negli allenamenti degli algoritmi decisionali e quindi è probabile, tra le possibili conseguenze avverse, che certe malattie cutanee non vengano riconosciute.

1.3 RETI NEURALI E DEEP LEARNIG

⁵⁸ F. ROSSI, *I confini del futuro, possiamo fidarci dell’intelligenza artificiale?* Feltrinelli, 2019 p. 48.

⁵⁹ Ibidem, p.49.

I metodi di apprendimento non simbolico basati sul metodo induttivo hanno fatto un importante passo in avanti attraverso la tecnologia delle reti neurali. Nel tentativo di rendere la macchina intelligente il più simile possibile al cervello umano si è deciso di imitarne anche il funzionamento seguendo l'idea di fondo che non fosse necessario emulare il ragionamento ma che bisognasse riprodurre il funzionamento del cervello per avere risultati definibili intelligenti⁶⁰. Come citato precedentemente il cervello umano è composto da cellule omogenee tra loro, i neuroni, le quali sono organizzate in strati gerarchicamente definiti⁶¹. Il metodo di attivazione neuronale è composto di tre fasi: nella prima i neuroni posti in strati superficiali ricevono attraverso il *dendrite* un impulso chimico. Esso viene trasportato attraverso *l'assone* al corpo cellulare, chiamato *soma*; in esso il segnale viene analizzato e se supera un certo valore soglia (simile a quello dei sistemi digitali basati su 0 e 1⁶²) il neurone si attiva e trasferisce l'impulso, chiamato *potenziale di azione* agli strati superiori, i quali ripeteranno l'iter. Ogni strato di neuroni ha un compito prestabilito e collegamenti sia con gli strati inferiori, i quali rianalizzano l'impulso, sia con strati superiori, che elaborano le informazioni e trasmettono a loro volta, fino ad ottenere un output. Le reti neurali digitali hanno quindi l'onere di riprodurre questo complesso meccanismo biologico. Il neurone digitale o perceptron è stato formalizzato per la prima volta da McCulloch nel 1943⁶³ e fu effettivamente sviluppato da Rosenblatt alla fine degli anni 50⁶⁴. Le reti neurali artificiali simulano nella struttura quelle umane: esse sono composte da neuroni stratificati che comunicano tra loro attraverso un complesso sistema di connessioni e nodi. Ogni strato della rete ha una diversa funzione, ossia ad un differente step del processo di comprensione, analisi e soluzione. Gli input grezzi, ossia i simboli umani vengono raccolti dagli strati superficiali della rete, chiamati appunto "strato input", e vengono successivamente adattati e trasmessi agli strati più interni a seconda della funzione che è necessario svolgere. Gli strati interni

⁶⁰ U. RUFFOLO, *Intelligenza Artificiale, Il diritto, I diritti, L'Etica*, Giuffrè Editore, 2020, p.72, Cap. di G. SARTOR e G. LAGIOIA.

⁶¹ J. Kaplan, *L'intelligenza Artificiale*, Luiss University Press, 2018, p. 45.

⁶² Ibidem, p.46

⁶³ W.S. MCCULLOCH, W. PITTS, *A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity*, in *the bulletin of mathematical biophysics*, 1943, pp. 115-133.

⁶⁴ F. ROSENBLATT, *The Perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain*, in *Psychological Review*, 1958, pp.386-408.

vengono chiamati “hidden” ossia nascosti. Hanno il compito di catalogare, comprendere l’input ed elaborare l’output richiesto dall’algoritmo. L’ultima fase del procedimento è svolta dagli “strati output”, dediti a emettere i risultati dell’elaborazione degli strati neuronali hidden o all’esterno o ad altre reti neuronali artificiali⁶⁵.

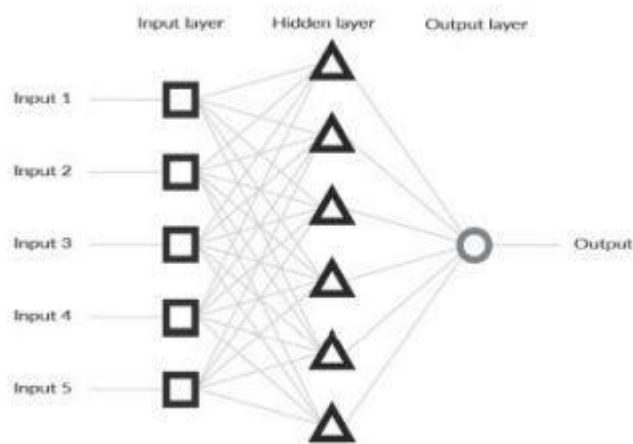


Figura 1 Organizzazione di una rete neurale artificiale con solo uno strato di neuroni "hidden" In A. Longo, G. Scorza, *Intelligenza Artificiale, impatto sulle nostre vite, diritti e libertà*, Mondadori Università, 2020 p.25

Le reti neurali sono un sistema capace di autocomprendere gli stimoli provenienti dall’esterno, categorizzarli e derivarne l’output desiderato. Esse, grazie al loro grado di precisione vengono applicate nella computer vision, nel riconoscimento automatico della lingua parlata, nell’elaborazione del linguaggio naturale, nel riconoscimento audio e nella bioinformatica⁶⁶. Per fare un esempio del funzionamento, nel riconoscimento di immagini lo strato più superficiale ha il compito di scomporre l’immagine nell’unità comprensibile alle macchine, ossia il pixel. Negli strati successivi i pixel vengono categorizzati e raccolti sulla base di pattern in comune, come la somiglianza cromatica; a seguire procedendo gerarchicamente i neuroni degli strati più elevati analizzano il prodotto degli strati intermedi, ossia le macchie di colore, i bordi, lo sfondo, i volti. Procedendo verticalmente, gli strati via via più elevati saranno capaci di analizzare prodotti sempre più ampi e complessi. Al termine del processo lo strato apicale della rete

⁶⁵ A. LONGO, G. SCORZA, *Intelligenza Artificiale, impatto sulle nostre vite, diritti e libertà*, Mondadori Università, 2020, p.25.

⁶⁶ <https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/deep-learning/deep-learning-cose/> visualizzato il 27/07/2021.

neurale, ossia l'output layer, sarà capace di comprendere e riconoscere l'immagine nella sua completezza., sviluppandone da essa algoritmi decisionali utili. Per ottenere macchine che da sole riconoscano un simbolo è necessario che questo procedimento di comprensione e categorizzazione sia ripetuto attraverso la somministrazione di centinaia di migliaia di stimoli simili. I metodi di apprendimento sono gli stessi del machine learning, ossia può essere guidato, autonomo o rinforzato. Con l'allenamento la macchina modificherà i pesi, ossia i collegamenti tra strati neuronali, per rendere il processo più veloce e preciso. *“Si può dire che una rete neurale è un sistema adattivo che con tentativi ed errori è in grado di modificare la sua struttura (ossia i nodi e le interconnessioni tra loro) basandosi sia su dati esterni sia su informazioni interne che si connettono e passano attraverso la rete neurale”⁶⁷*

Questo tipo di intelligenza artificiale è molto utilizzato nella diagnosi medica: un programma di machine learning con una rete neurale è capace di analizzare le scansioni tac e valutare la presenza di tumori con la probabilità di successo del 94,4%, spesso superiore alla precisione di medici esperti⁶⁸. Rimanendo in ambito medico un sistema a reti neurali che ha imparato a comprendere i vari tipi di tosse può diagnosticare con precisione molto elevata l'insorgere di malattie respiratorie⁶⁹. Le reti neurali sono la tecnologia dominante negli apparecchi digitali che usiamo tutti i giorni, come gli smartphone. Per esempio, il riconoscimento facciale quando scattiamo una fotografia o sblocciamo il nostro smartphone con lo sguardo è frutto di un allenamento a riconoscere volti umani basato sul sistema di reti neurali. Dopo la vendita del device, la rete neurale già capace di riconoscere volti, voci ed altri stimoli, profilerà l'utente imparando a riconoscere i suoi dati.

Il Deep learning o apprendimento profondo è una sottocategoria del machine learning, anch'essa basata sulle reti neurali artificiali. La sua caratteristica principale è che a differenza delle reti neurali “standard”, ossia quelle con un limitato numero di strati intermedi, presenta un elevatissimo numero di esse. I

⁶⁷ Ibidem

⁶⁸ S. QUINTARELLI, *Intelligenza Artificiale, cos'è davvero, come funziona, che effetti avrà*. Bollati Boringhieri, 2020, p. 14.

⁶⁹ A. LONGO, G. SCORZA, *Intelligenza Artificiale, impatto sulle nostre vite, diritti e libertà*, Mondadori Università, 2020, p.26.

modelli più sofisticati di deep learning possono arrivare ad avere ben 150 strati⁷⁰. L'elevata complessità della struttura di queste reti neurali permette, dopo un lungo processo di apprendimento di riconoscere e categorizzare i dati sulla base di pattern non programmati specificamente dall'agente umano⁷¹. Questo fornisce alla macchina intelligente la capacità di auto-apprendere con una autonomia molto maggiore rispetto al comune machine learning. Nel dettaglio, la macchina con apprendimento profondo crea nella fitta e molto stratificata rete di neuroni una gerarchizzazione dei concetti sulla base di gradi di astrazione⁷². In ognuno degli innumerevoli strati vengono processate e categorizzati dati sulla base di principi che solo la macchina riconosce, con una logica interna sfumata, la cosiddetta fuzzy logic⁷³. Il deep learning è quindi capace di creare modelli predittivi molto accurati, dopo l'analisi di infinite quantità di dati. Ciò porta a due grandi interrogativi: è possibile fidarsi di macchine che non sappiamo come ragionano? Che effetti può avere sulle nostre vite una logica aliena alla nostra (la cosiddetta black box dell'AI)? Secondo Nello Costantini, grande esperto di intelligenza artificiale è necessario affidarsi ciecamente al modello di Deep Learning, in quanto *“non sappiamo bene come funzionano, abbiamo rinunciato a comprenderne il perché, ma non vi è dubbio che in moltissimi settori funzionano”*⁷⁴. La black box dell'AI e in particolare del Deep Learning è molto simile ai dubbi che attanagliano gli scienziati delle neuroscienze nel non comprendere a pieno il funzionamento del cervello umano, *“se il cervello umano fosse così semplice da poterlo capire, saremmo così semplici che non potremmo capirlo”*⁷⁵.

⁷⁰ <https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/deep-learning/deep-learning-cose/>

⁷¹ G. PASCERI, *Intelligenza Artificiale, Algoritmo e Machine Learning*, Giuffrè Editore, p.39.

⁷² Ibidem

⁷³ Ibidem

⁷⁴ N. COSTANTINI, *New Scientist, Macchine che pensano*, Dedalo Edizioni, 2008.

⁷⁵ G.E.PUGH, 1977

1.4 LA ROBOTICA E I DEVICES

Fin dalla nascita dell'intelligenza artificiale uno degli obiettivi principali dei programmatori era quello di creare, insieme ai vari software anche hardware, ossia dispositivi fisici dotati di AI. Era cioè di fondamentale importanza che le macchine intelligenti fossero capaci di operare direttamente nell'ambiente fisico e non solo di venirci a contatto, memorizzarlo, analizzarlo e prevederlo. Uno dei primi esempi di intelligenza artificiale nel mondo fisico è Shakey definito dal *Life* nel 1970 "la prima persona elettronica". Esso era capace di comunicare con gli esseri umani attraverso la comprensione del linguaggio naturale (l'inglese) ed era capace di fare semplici operazioni come riconoscere e spostare blocchi colorati all'interno di un ambiente controllato come il laboratorio del MIT, dove era stato programmato dalla SRI International⁷⁶.

Una definizione soddisfacente di robotica è "*agenti fisici capaci di modificare il mondo fisico. A tal fine sono muniti di effettori come gambe, ruote di scuola giunti e pinze. Gli effettori hanno l'unico scopo: esercitare forze fisiche sull'ambiente. I robot sono anche equipaggiati con sensori, che permettono loro di percepire l'ambiente*"⁷⁷.

I sistemi robotici intelligenti possono essere divisi in tre categorie:

- a) Manipolatori, che svolgono azioni nel luogo dove sono fisicamente ancorati, come i bracci robotici all'interno di una catena di montaggio
- b) Mobili, capaci di spostarsi nell'ambiente fisico
- c) Ibridi, ossia dotati sia di strumenti per il movimento, sia di manipolatori⁷⁸.

L'affermarsi della robotica in ambito economico è databile agli anni 80, quando i primi macchinari manipolatori inserendosi nelle linee di produzione industriale hanno reso il procedimento produttivo più veloce, preciso e soprattutto economico. Con il passare degli anni e l'incremento sia della componente hardware che di

⁷⁶ J. KAPLAN, *Intelligenza Artificiale*, Luiss Univesity Press, 2018, p 34.

⁷⁷ S.J. RUSSEL, P. NORVING, "*Artificial intelligence, a Modern Approach*" Prentice Hall, 1995, p. 629.

⁷⁸ F. LAGIOIA, *Intelligenza Artificiale in Sanità: un'analisi giuridica*, Giappichelli Editore, 2020, p.18

quella software, i robot sono diventati “*più economici, più intelligenti, più flessibili e più facili da istruire.*”⁷⁹ Nonostante gli enormi progressi la robotica, che, come l’AI, cerca di simulare le funzioni umane, soffre allo stato dell’arte attuale di enormi lacune. La maggior parte di esse derivano dalla sostanziale incapacità di comprendere fino in fondo il cervello umano e, a causa di ciò, traslare conoscenze cognitive e meccaniche al robot. I neuroni biologici sono “sinergici” ossia sono interconnessi e polivalenti nelle loro funzioni: i neuroni che controllano la vista sono gli stessi che supervisionano l’attività di manipolazione, quelli dediti alla comprensione del linguaggio sono gli stessi adibiti al linguaggio⁸⁰. Nella robotica invece non si è ancora in grado di creare un’intelligenza sinergica, quindi le macchine hanno una divisione tra la parte cognitiva e quella fisico-manipolatoria. Come per l’AI non fisico, i robot sono capaci di svolgere egregiamente i compiti cui sono stati programmati, ma difettano sostanzialmente nella cosiddetta “intelligenza generale”, ossia quella capacità onnicomprensiva di cognizione/analisi e, in questo caso, anche motoria e manipolatoria del mondo. Nonostante questo vulnus, la robotica attraverso la possibilità di utilizzare l’intelligenza artificiale con le sue capacità di analisi e previsione direttamente nel mondo fisico sta ottenendo incredibili risultati, soprattutto nel campo della medicina. Nell’ambito dei robot “specialisti”, quelli cioè adoperabili solo da utenti addestrati in quel particolare contesto⁸¹, sono attualmente utilizzate tecnologie di visione robotica per la creazione di modelli tridimensionali dell’anatomia interna dei pazienti e sistemi di controllo, in supporto ai medici per l’asportazione di tessuti durante un’operazione chirurgica⁸². Un altro campo di utilizzo della robotica è quello dei “social robot” capaci di comunicare con gli utenti ed utilizzati nel settore domestico e ludico. Si può citare il “R.I” Robot, capace di svolgere mansioni domestiche e assistenziali per anziani soli, il “Pillo robot” che unisce la capacità di

⁷⁹ U.RUFFOLO *Intelligenza Artificiale, il diritto, i diritti, etica*. Giuffrè Editore, 2020. Cap 1 di L. D’AVACK, *La rivoluzione tecnologica e la nuova era digitale: problemi etici*.

⁸⁰ Ibidem

⁸¹ Ibidem

⁸² F. LAGIOIA, *Intelligenza Artificiale in Sanità: un’analisi giuridica*, Giappichelli Editore, 2020, p. 18

fornire consigli alimentari, monitorare i progressi attraverso l'analisi di informazioni biologiche e richiedere assistenza medica in caso di necessità⁸³.

L'intelligenza artificiale è stata traslata oltre che nei robot, che per ora occupano un ruolo relativamente marginale nella vita della stragrande maggioranza della popolazione, anche nei cosiddetti dispositivi intelligenti. Essi sono dispositivi dotati di intelligenza artificiale (molto spesso di sistemi esperti come nel caso di Alexa o Siri) che grazie alle capacità di apprendimento del linguaggio naturale riescono ad aiutare le persone in un gran numero di operazioni giornaliere. I dispositivi smart hanno trovato il loro boom commerciale a partire dal 2010, quando le multinazionali dell'informatica (Google e Apple) hanno iniziato a commercializzare i primi smartphone, dispositivi mobile intelligenti capaci di riconoscere il linguaggio naturale attraverso le loro piattaforme Google assistant e Siri. Grandissimo risalto hanno anche i cosiddetti "data driven world"⁸⁴, ossia dispositivi smart indossabili capaci di monitorare attraverso biosensori e prevedere/analizzare attraverso l'AI la condizione fisica dell'utente. I vari parametri biologici misurabili sono frequenza cardiaca, variazioni spirometriche, saturazione di ossigeno, temperatura corporea, pressione arteriosa, glucosio, sudore, respiro, onde cerebrali⁸⁵. Grazie ai costi di produzione sempre più ridotti e alla miniaturizzazione dei devices, questi strumenti hanno avuto un grande successo commerciale, soprattutto nel campo del fitness. I valori biologici degli utenti vengono monitorati costantemente ed in tempo reale, raccolti ed analizzati in cartelle Cloud digitali e restituiti, attraverso statistiche, in app apposite⁸⁶. Tali dispositivi oltre ad essere molto utili per riacquistare o mantenere uno stile di vita sano, sono di fondamentale importanza nell'ambito medico. Come vedremo nel corso del capitolo successivo, l'intelligenza artificiale unita a dispositivi capaci di monitorare i parametri vitali svolgerà sempre di più un ruolo cardine nelle aree della diagnostica, del trattamento e della riabilitazione dei malati. È di fondamentale

⁸³ U.RUFFOLO *Intelligenza Artificiale, il diritto, i diritti, etica*. Giuffrè Editore, 2020. Cap 1 di L. D'AVACK, *La rivoluzione tecnologica e la nuova era digitale: problemi etici*.

⁸⁴ MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, *The Age of Analytics: competing in a data-driven world*. www.mckinsey.com

⁸⁵ G. COLLECCHIA, R. DE GOBBI, *Intelligenza Artificiale e Medicina Generale*, Il Pensiero Scientifico Editore, 2020, p.57.

⁸⁶ Ibidem

importanza che l'innovazione tecnologica possa essere utilizzata per ottenere un monitoraggio completo dei malati, una analisi dei dati efficiente e sicura e un trattamento personalizzato per le patologie.

CAPITOLO 2

2.1 L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE NELLA SANITÀ

Negli ultimi anni soprattutto a livello giornalistico si è dato estremamente risalto a come le innovazioni tecnologiche abbiano e stiano modificando le nostre abitudini nella quotidianità, sia creando nuovi gesti prima sconosciuti (messaggistica, social networking, monitoraggio parametri biologici), sia modificando le vecchie abitudini come il lavoro, l'istruzione e le professioni in genere. È stata quindi coniata l'espressione "Quarta rivoluzione Industriale⁸⁷" o "Industria 4.0⁸⁸". Una rivoluzione industriale secondo l'economista Gavin Wright è tale quando dirompenti innovazioni tecnologiche, le *General Purpose Technologies* "GPT", hanno un impatto importante in tanti settori dell'economia⁸⁹. Nel caso della rivoluzione odierna le GPT sono l'intelligenza artificiale, l'internet delle cose, la stampa 3D, i cloud computing e la robotica⁹⁰. Questi elementi avrebbero quindi alterato in maniera irreversibile il modus operandi economico facendoci entrare in una nuova epoca di sviluppo, proprio come fecero la macchina a vapore, l'elettricità e i computer nelle rivoluzioni precedenti.

⁸⁷ <https://www.salesforce.com/it/blog/2019/08/che-cosa-quarta-rivoluzione-industriale.html>

⁸⁸ https://www.ilsole24ore.com/art/industria-40-transizione-digitale-inizia-ora-AEfmMEG?refresh_ce=1

⁸⁹ G.ASSENZA, L. FARAMONDI, L. VOLLERO, G. OLIVA, "Aspetti innovativi dell'industria 4.0 e applicazione alla sanità e all'industria farmaceutica", Università Campus Bio-Medico di Roma, Cit. G.WRIGHT, 1999.

⁹⁰ Ibidem

La medicina non è esente al cambiamento tecnologico di questi anni ma anzi è uno dei settori più dinamici nell'innovazione e nello sviluppo. Secondo lo studio "Artificial Intelligence and life in 2030" pubblicato dall'Università di Stanford il settore sanitario è uno degli otto settori in cui l'impatto dell'intelligenza artificiale sarà maggiormente rilevante⁹¹. Sulla scia della periodizzazione delle rivoluzioni industriali anche la medicina ha avuto una sua rivoluzione, si parla infatti di "Medicina 4.0"⁹². Secondo l'analisi di Wolf e Sholze la medicina al pari dell'economia avrebbe avuto le proprie rivoluzioni ed è quindi possibile scomporre la sua storia in epoche sulla base dei progressi tecnologici. Il primo periodo, la medicina 1.0 è quella che si è perpetuata per migliaia di anni; in questa età i medici avevano come strumenti al proprio servizio soltanto i cinque sensi per eseguire diagnosi e medicinali derivati da elementi naturali. La seconda età viene in epoca recente, ossia quando iniziano ad essere somministrati antibiotici ed essere utilizzati i raggi x per la diagnostica di certe patologie. La medicina 3.0 è sostanzialmente quella dei decenni passati, dove fanno il loro ingresso nella quotidianità clinica la miniaturizzazione, l'elettronica, la diagnostica per immagini e la robotica. L'intelligenza artificiale apre le porte alla medicina 4.0, dove la capacità di apprendimento e di problem solving delle macchine, la profilazione e categorizzazione di enormi quantità di files clinici e la possibilità di trasmissione di informazioni in tempo reale tra macchine e medici sta inesorabilmente modificando il modo di fare medicina.

Nonostante sia ancora in uno stato pressoché embrionale, l'intelligenza artificiale ha già dimostrato di poter trasformare la sanità in diversi modi:

1. Automatizzando attività cliniche e amministrative routinarie, prima delegate a operatori ed infermieri (come la prenotazione di un paziente a determinate cure o la compilazione di una cartella clinica) o al primo approccio con la struttura attraverso chatbot capaci di comprendere e rispondere alle domande degli utenti;

⁹¹ *Artificial Intelligence and life in 2030 – One Hundred Year Study on Artificial Intelligence*, Stanford University, 2016

⁹² B.WOLF, C. SCHOLZE, "Medicine 4.0", *Biomedical Engineering* 2017; 3(2): 183–186

2. Creando nuove modalità di fruizione dei servizi per i pazienti, come la diagnosi a distanza attraverso la telemedicina o assistenti intelligenti sul proprio smartphone, come l'app NHS Direct sviluppata dal sistema sanitario inglese;
3. Implementando la qualità delle cure attraverso la medicina personalizzata. Essa è la capacità di profilare in maniera estremamente precisa i pazienti attraverso la creazione di innumerevoli dati biologici, genomici e clinici e successivamente di sviluppare attraverso la capacità inferenziale e logica delle macchine un iter clinico personalizzato
4. Supportando le decisioni del personale medico, per esempio rilevando la presenza di tumori nella diagnostica per immagini;
5. Sviluppando nuovi modelli di ricerca favorendo il progresso scientifico⁹³.

È importante notare che questi settori, molto diversificati tra loro, si avvalgono dell'aiuto di diversi “metodi” dell'intelligenza artificiale per ottimizzare i loro risultati di output. I sistemi esperti sono ampiamente utilizzati nel supporto della decisione medica; ciò è dovuto alla necessità di chiarezza e di spiegazioni esaustive rispetto ai ragionamenti, ai procedimenti e alle conclusioni raggiunte⁹⁴. Il machine learning invece è utilizzato e trova riscontri molti positivi nella diagnostica per immagini, grazie alla possibilità di analizzare a fare inferenza utilizzando un dataset enorme di immagini simili. La robotica, ossia l'AI nel mondo fisico trova svariati utilizzi nella chirurgia di precisione, nell'assistenza e nella riabilitazione.

Il mercato dell'intelligenza artificiale inoltre è uno dei più fiorenti; secondo un report della Coherent Market Insights “*Artificial Intelligence in Healthcare Market*⁹⁵” il mercato dell'AI, dal valore attuale di 3285 milioni di dollari crescerà di oltre ventidue volte nei prossimi sei anni, arrivando al valore complessivo di 74650 milioni di dollari nel 2027. Secondo questo studio le aree di maggiore interesse nei finanziamenti saranno il machine learning e la comprensione “consapevole” mentre

⁹³ RAPPORTO DELOITTE ITALIA: *Prospettive, potenzialità, impatti e modelli dell'Artificial Intelligence in ambito sanitario*, 2020 consultato online https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/it/Documents/life-sciences-health-care/AI%20report%20medtech_Deloitte%20Italia.pdf in data 28/08/2021

⁹⁴ F. LAGIOIA, *Intelligenza Artificiale in Sanità: un'analisi giuridica*, Giappichelli Editore, 2020, p.32

⁹⁵ <https://www.coherentmarketinsights.com/market-insight/artificial-intelligence-in-healthcare-market-436> consultato il 13/09/2021

perderanno di appeal il riconoscimento del linguaggio naturale, forse a causa degli incredibili livelli a cui siamo arrivati in quei settori, basta pensare agli assistenti vocali Google, Alexa e Siri.

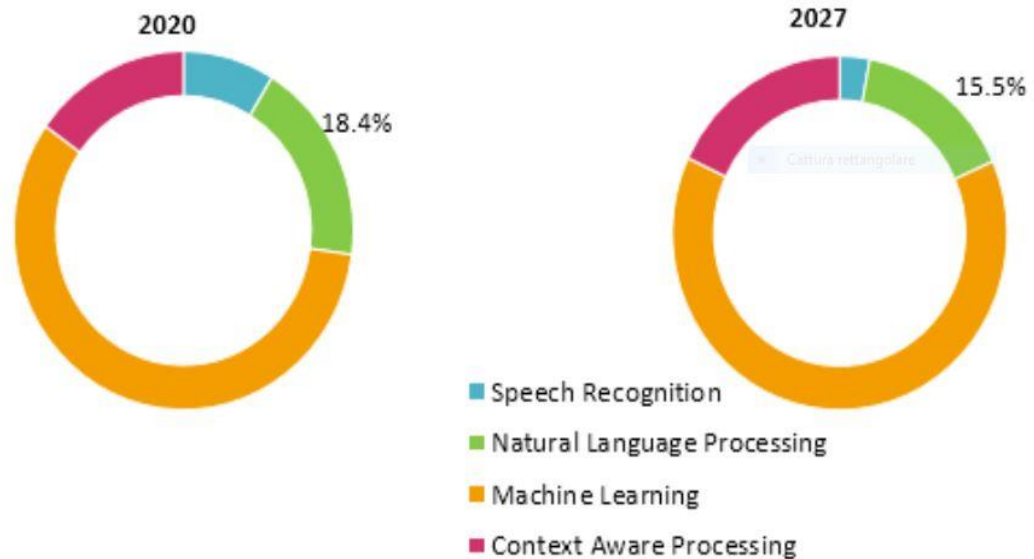


Figura 2 previsioni di spesa in ambiti dell'AI nel 2020 e 2027 <https://www.coherentmarketinsights.com/market-insight/artificial-intelligence-in-healthcare-market-436>

Pionieri di questa incredibile scalata sono le multinazionali tecnologiche come Ibm, Google, Medtronic, Koninklijke Philips, Nvidia, Microsoft, iCarbonX, CloudMedx, Atomwise e Next IT, tutte molto interessate sia all'universo dell'AI, sia ai possibili investimenti in ambito sanitario mediante la creazione di hardware e software⁹⁶. Per comprendere come l'AI sta trasformando la sanità è necessario leggere il fenomeno attraverso due dimensioni: quella del soggetto, che può essere il paziente o l'erogatore di cure e dal processo innovativo, che può essere sia una rigenerazione e modernizzazione dei modelli di erogazione dei servizi, sia una completa trasformazione degli stessi⁹⁷. I quattro possibili scenari che si presentano non si escludono a vicenda ed anzi è molto più probabile che ci sia in futuro una coesistenza di tutti questi nel panorama di una sanità innovata sia nel modo di fruirla sia nei

⁹⁶ <https://www.01health.it/tecnologie/intelligenza-artificiale/intelligenza-artificiale-settore-sanitario-75-miliardi-dollari-2027/> consultato il 12/09/2021

⁹⁷ [AI report medtech_Deloitte Italia.pdf](#)

mezzi

di

fruizione

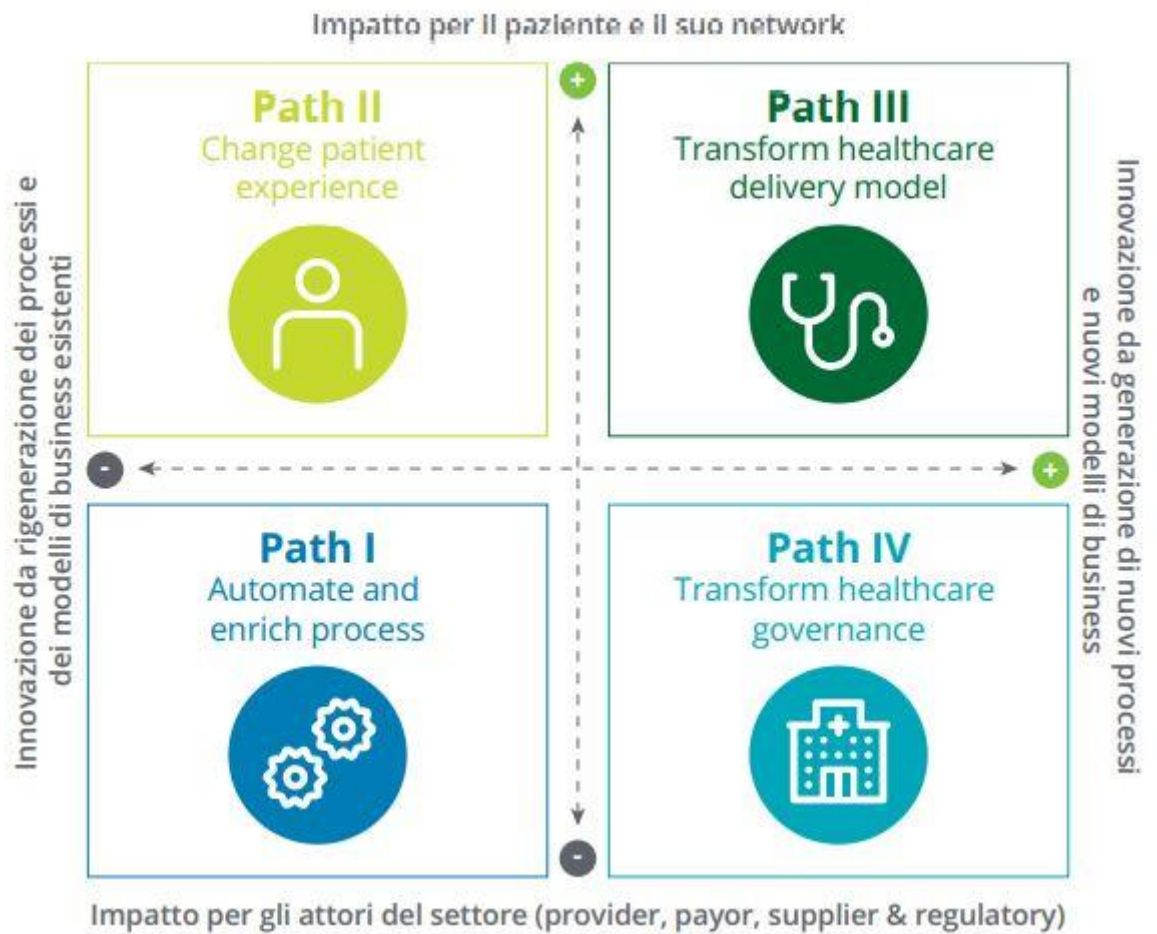


Figura 3 quattro modelli possibili di sviluppo della sanità, Report Deloitte 2020

1. *Path I: basso impatto per i pazienti e modernizzazione pratiche esistenti.* In questo scenario l'AI sarà utilizzata per automatizzare processi "classici" per rendere più veloce l'iter sanitario. Ciò non porta a modifiche nella fruizione degli utenti al servizio. Questo è il campo più sviluppato al giorno d'oggi. Gli esempi sono la diagnostica per immagini e la digitalizzazione della cartella clinica, entrambi processi che se svolti dalle macchine con accuratezza pari a quella umana, portano a una velocizzazione e automatizzazione dell'erogazione di cure con tutto quello che ne deriva in termini di tempi di attesa e costi.
2. *Path II: alto impatto per i pazienti e modernizzazione pratiche esistenti.* Ciò prevede che l'utente abbia un nuovo modo di fruire la sanità ma senza che le strutture trasformino il loro modo di erogarla. Esempi sono le chatbot intelligenti per richiedere una visita medica che attraverso una analisi del linguaggio naturale definiscano autonomamente l'iter di visite ed analisi necessarie al paziente.

3. *Path III: alto impatto per i pazienti e trasformazione del sistema di erogazione cure.* In questo caso i pazienti vengono a contatto con nuovi metodi di erogazione delle cure, attraverso la combinazione dell'AI e di device di uso comune che trasformano completamente il modo di fare medicina. I metodi attualmente presenti sono dei più disparati e prevedono sia l'utilizzo di devices comuni come smartphones, sia di devices creati ad hoc per impartire cure. I casi proposti che vedremo in seguito sono agli opposti dal punto di vista dell'affidabilità: Babylon è una app di telemedicina che utilizza l'AI per diagnosticare patologie e terapie; ha attualmente una cooperazione con il NHS, ossia il sistema sanitario inglese. Skinvision è una app che promette di rilevare patologie della pelle attraverso un'analisi delle foto scattate con il proprio smartphone. Gli articoli non finanziati dall'azienda stessa diffidano fortemente del servizio, spaventati dagli affetti avversi che può avere un'autodiagnosi delle patologie⁹⁸⁹⁹.
4. *Path VI: basso impatto per i pazienti ma trasformazione dell'erogazione di cure.* Questo caso prevede lo sviluppo di nuovi trattamenti, farmaci e dispositivi attraverso l'utilizzo dell'AI. Grazie al processamento di enormi quantità di dati sulla popolazione ciò porterà ad un implemento della RWE (real world evidence) e della population health management.¹⁰⁰

Nei paragrafi successivi ci sarà un brevissimo excursus sull'utilizzo dell'AI nei campi della diagnosi, di supporto ai processi decisionali, all'assistenza e riabilitazione e un approfondimento sui software e hardware utilizzati nella lotta alla pandemia da Coronavirus.

⁹⁸ <https://www.dottnet.it/articolo/30066/le-app-che-scovano-melanomi-con-smartphone-non-sono-affidabili/> consultato il 13/09/2021

⁹⁹ <https://www.newence.com/2020/02/22/tumori-cutanei-poco-affidabili-le-app-per-smartphone-che-analizzano-le-alterazioni-della-pelle/> consultato il 13/09/1996

¹⁰⁰ Ibidem

2.1 L'UTILIZZO NELLA DIAGNOSICA

Il termine *diagnosis* ha origine greca: δια γινώσκω, “riconoscere attraverso”. In medicina indica l'iter attraverso il quale il medico riconosce la patologia del paziente, sulla base di segni e sintomi. È suddivisa in quattro momenti diversificati e consequenziali:

1. l'anamnesi, ossia l'indagine riguardante la storia clinica del paziente. Serve a raccogliere informazioni non solo riguardo al quadro patologico recente e passato ma anche a quello familiare o allo stile di vita;
2. Semeiotica, ossia verifica della presenza di patologie attraverso sintomi e segni.
3. Valutazione del quadro clinico e comparazione con letteratura precedente analoga
4. Diagnostica differenziale, ossia esclusione di patologie possibili attraverso la ricerca di segni e sintomi via via più escludenti. Ci si avvale in questa fase di indagini strumentali¹⁰¹.

L'intelligenza artificiale attraverso il suo modus operandi, fatto di inferenza e logica deduttiva/induttiva, unita alla capacità di processare enormi quantità di dati in tempi brevissimi, si sta dimostrando un ottimo sistema di supporto alla decisione del medico in ognuna di queste fasi cruciali del processo diagnostico. Una diagnosi veloce, puntuale e precisa può portare innumerevoli vantaggi sia per il sistema sanitario, il quale oltre ad un risparmio economico dovuto a meno indagini strumentali per riconoscere una patologia può iniziare prima le terapie ottenendo come output un maggior numero di pazienti guariti, sia per il paziente, il quale può intraprendere il processo terapeutico in tempi più brevi con ciò che ne deriva in termini di salute. Degli svariati strumenti che si avvalgono dell'intelligenza artificiale in campo diagnostico, quelli che hanno dimostrato un tasso di precisione paragonabile a quello umano allo stato attuale dell'arte sono quelli che si rifanno all'interpretazione diagnostica per immagini.

¹⁰¹ <https://it.wikipedia.org/wiki/Diagnosi>

Questo settore prevede di identificare la patologia attraverso l'osservazione e l'interpretazione di immagini radiologiche, retiniche, istologiche, oculistiche, dermatologiche, endostopiche o provenienti da altri sistemi di monitoraggio¹⁰². L'intelligenza artificiale non simbolica, quindi il machine learning, deep learning e reti neurali hanno la capacità di riconoscere schemi ricorrenti (pattern) dalle immagini analizzate e da ciò riconoscere le divergenze dalla normalità, ossia i segni di una patologia. È stato dimostrato inoltre che i sistemi di intelligenza artificiale sono capaci di riconoscere alterazioni, come di densità, asimmetrie e irregolarità spesso non percepibili dall'occhio umano (texture analysis)¹⁰³. Secondo un recente studio JAMA¹⁰⁴ un sistema di AI, più precisamente di deep learning è stato capace di riconoscere quattro patologie polmonari (neoplasie maligne, polmoniti, tubercolosi attiva, pneumotorace) attraverso l'analisi delle radiografie meglio di un gruppo di medici professionisti (5 radiografi generalisti, 5 radiografi toracici, 5 internisti). Addentrando nello studio è emerso che il sistema di deep learning ha riconosciuto 983 immagini patologiche su 1000 mentre i medici ne hanno riconosciute 814. Dal punto di vista del riconoscimento delle lesioni il sistema ha individuato con precisione la lesione 985 volte rispetto alle 781 dei medici¹⁰⁵.

-Machine Learning nel riconoscimento di neoplasie mammarie

Il tumore al seno è una delle patologie più diffuse: in Italia è uno dei cinque tumori che colpisce di più la popolazione (insieme a colon-retto, polmone, prostata e vescica). Secondo una ricerca dell'AIRTUM-AIRC¹⁰⁶ nel 2019 ha colpito 55.000 donne e 500 uomini. L'identificazione tumorale in fase precoce è molto complessa, vista la fisiologica densità radiologica mammaria e la presenza di ghiandole di

¹⁰² G. COLLECCHIA, R. DE GOBBI, *Intelligenza Artificiale e Medicina Generale*, Il Pensiero Scientifico Editore, 2020, p. 89

¹⁰³ ibidem

¹⁰⁴ JAMA NETWORK, Validation of a Deep Learning Algorithm for the Detection of Malignant Pulmonary Nodules in Chest Radiographs, 2020

¹⁰⁵ G. COLLECCHIA, R. DE GOBBI, *Intelligenza Artificiale e Medicina Generale*, Il Pensiero Scientifico Editore, 2020, p. 98

¹⁰⁶ [https://www.airc.it/cancro/prevenzione-tumore/prevenzione-donna/seno-autopalpazione-visita-senologica#:~:text=Di%20seguito%20alcune%20informazioni%20sulla,uomini\)%20di%20tumore%20del%20seno](https://www.airc.it/cancro/prevenzione-tumore/prevenzione-donna/seno-autopalpazione-visita-senologica#:~:text=Di%20seguito%20alcune%20informazioni%20sulla,uomini)%20di%20tumore%20del%20seno). Consultato online 2/09/2021

diversa densità e tessuto adiposo¹⁰⁷. Secondo uno studio della American Cancer Society uno screen mammografico “convenzionale” restituisce il 20% di falsi negativi, ossia il tumore non viene riconosciuto dagli esperti, ed addirittura stima che in 10 anni di analisi periodiche, il 50% delle donne riceverà una diagnosi di falso positivo¹⁰⁸. In questo difficile panorama la ricerca mondiale si concentra sui possibili benefici derivanti dall'intelligenza artificiale e la sua capacità di riconoscere anomalie nelle immagini radiografiche. A ciò si è interessata anche la multinazionale del Web Google che ha pubblicato sulla rivista Nature uno studio "*International evaluation for an AI system for breast cancer screening*¹⁰⁹" riguardante il riconoscimento per immagini di neoplasie mammarie ad un campione di 15000 donne statunitensi e 76000 donne britanniche. Secondo i risultati l'algoritmo di machine learning sviluppato da Google ha ridotto i falsi negativi del 9,4% per le pazienti statunitensi e del 2,7% per quelle britanniche rispetto ai test convenzionali, mentre i casi di falsi positivi sono ridotti rispettivamente del 5,4% del 1,2%¹¹⁰.

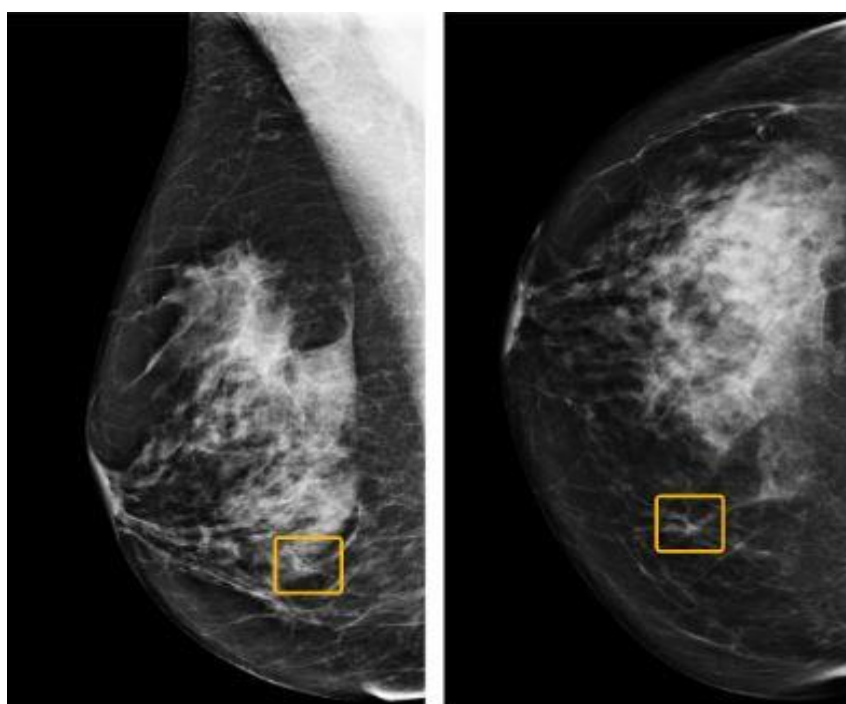


Figura 4 neoplasie riconosciute dall'AI e non dai medici, in [nature.com/articles/s41586-019-1799-6.pdf](https://www.nature.com/articles/s41586-019-1799-6.pdf)

¹⁰⁷ G. COLLECCHIA, R. DE GOBBI, *Intelligenza Artificiale e Medicina Generale*, Il Pensiero Scientifico Editore, 2020, p. 103

¹⁰⁸ <https://www.cancer.org/cancer/breast-cancer/screening-tests-and-early-detection/mammograms/limitations-of-mammograms.html> consultato online il 5/09/2021

¹⁰⁹ <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1799-6> consultato online il 4/09/2021

¹¹⁰ <https://www.scienzainrete.it/articolo/diagnosi-automatizzate-dalla-covid-19-ai-tumori-al-seno/chiara-sabelli/2020-10-23> consultato il 3/09/2021

-SkinVision

Nell'ambito della diagnosi con l'AI trova uno spazio sempre più ampio l'autodiagnosi, ossia i pazienti stessi che con i propri devices, utilizzando un app intelligente, controllano il proprio stato di salute. Il mercato delle app mediche cresce enormemente ma non è certa la veridicità e l'affidabilità delle soluzioni proposte. Nel peggiore dei futuri ipotizzabili i pazienti potrebbero convincersi dell'obsolescenza del medico fidandosi soltanto dei propri mezzi e delle app che vendono soluzioni che possono sembrare miracolose, utilizzando l'intelligenza artificiale. In questo panorama di difficile lettura si posiziona SkinVision, un'applicazione che permette attraverso l'utilizzo della propria fotocamera di identificare varie patologie della pelle. Nonostante i pochissimi studi a riguardo questo caso è paradigmatico per ipotizzare quella che potrebbe essere la medicina del futuro. Allo stato attuale l'app sarebbe capace di riconoscere il melanoma, il BCC (Basal Cell Carcinoma) e il SCC (Squamous Cell Carcinoma¹¹¹). Secondo gli studi finanziati direttamente dall'azienda stessa, l'app è capace di donare una diagnosi veritiera l'83% delle volte.¹¹² Se la diagnostica medica avrà sicuramente un aiuto positivo negli anni a venire con il miglioramento degli algoritmi di AI e la creazione di soluzioni più sicure ed efficaci avvallate da autorevoli studi a riguardo, il caso delle app di diagnosi è molto più problematico e complesso. Skinvision ha più di 500000 download sul Playstore di Android e potrebbe essere considerata un'applicazione oracolare per molti pazienti che fidandosi ciecamente dell'intelligenza artificiale e non volendo pagare onerose visite a medici professionisti, la utilizzino sostituendola a una normale diagnosi medica. Dick Uyttewaal, Business Development Manager di SkinVision ha dichiarato che *“tale tecnologia non sia stata sviluppata per sostituire le visite specialistiche, ma semplicemente per tenere d'occhio la salute della nostra pelle nei periodi tra un*

¹¹¹ R. ASCIONE, *Il Futuro della Salute, come la tecnologia digitale sta rivoluzionando la medicina (e la nostra vita)*, Hoepli Editore, 2018, p. 86

¹¹² Ibidem

test e l'altro, e aumentare la sensibilizzazione e la prevenzione di questa terribile malattia¹¹³". Mentre riguardo l'analisi delle TAC l'AI si è dimostrata un ottimo supporto alle diagnosi medica e un ambito sulla quale continuare la ricerca e la sperimentazione, il caso di Skinvision e delle numerosissime app diagnostiche e terapeutiche può rivelarsi in futuro un enorme problema da affrontare per la medicina e soprattutto per i policy maker, che dovranno regolare il mercato delle app "mediche" cercando di conciliare e trovare un bilanciamento tra app mediche "innocue" come i lettori di calorie degli elementi, da quelle potenzialmente pericolose, che potrebbero sostituire la pratica medica senza fornire output scientificamente certi, come lo può essere una diagnosi da parte di un esperto.

2.2 SISTEMI DI SUPPORTO AI PROCESSI DECISIONALI

Le decisioni cliniche prevedono che il medico dopo aver identificato una patologia attraverso la diagnosi, scelga il trattamento da seguire tenendo presente i possibili rischi e le avversità che possono manifestarsi durante l'iter di cura. Uno dei campi dove maggiore è l'interesse e l'utilizzo dell'intelligenza artificiale è quello dei *clinical decision support system (cdss)*, ossia il supporto alle decisioni cliniche del medico attraverso la AI. L'obiettivo principale del CDSS è quello di supportare l'attività di decision making del medico con lo scopo di effettuare analisi migliori attraverso la concomitanza della conoscenza del professionista e del supporto attivo dalla AI. Esistono due tipi di CDSS, le quali si intersecano perfettamente alle due tipologie di intelligenza artificiale, ossia quella simbolica e quella non simbolica.

La CDSS simbolica o basata sulla conoscenza (Knowledge-based CDSS) prevede che nell'algoritmo di supporto clinico siano contenuti prioristicamente i dati, le conoscenze e le regole sotto forma di schema causa-conseguenza. Questi sistemi

¹¹³ Ibidem

sono quindi composti da una base di conoscenza, un motore inferenziale è un meccanismo di comunicazione¹¹⁴. Il modus operandi prevede che il dataset clinico del paziente venga inviato al motore inferenziale, il quale attraverso algoritmi decisionali estragga le nozioni necessarie per il supporto della decisione del medico dell'iter di cura. Il database utilizzato è quello sconfinato degli articoli scientifici in ambito medico: è stimato infatti che annualmente vengano pubblicati ben 800.000 articoli¹¹⁵. I CDSS simbolici hanno lo scopo attraverso la comprensione del linguaggio naturale e dei dati clinici di consigliare i trattamenti più all'avanguardia e più confacenti al caso, vista la letteratura medica a riguardo. Questa tecnologia che lentamente si sta diffondendo anche nella sanità italiana può essere di enorme aiuto nell'attività clinica: la capacità di comprendere i testi e di filtrare le informazioni necessarie al caso trattato può ridurre enormemente sia i tempi dovuti ad una ricerca sul caso, sia lo sforzo economico ad essa associata. Utilizzare nell'attività clinica le Evidence Based Medicine (EBM) di studi accertati previene anche la spesso necessaria "sperimentazione" o "buon senso" per la scelta delle cure; ciò porta a una maggiore sicurezza del medico in quanto la sua scelta è avvalorata da studi certificati e pubblicati nelle riviste e manuali. Nella CDSS simbolica l'AI ha il fondamentale compito di comprendere il linguaggio naturale, filtrare le nozioni e distribuirle a seconda dei dataset clinici dei pazienti.

I CDSS non simbolici utilizzano invece la tecnologia del machine learning, ossia dai dati diagnostici inducono un modello statistico e da esso consigliano la terapia da seguire. Essi non sono molto utilizzati vista l'incertezza e "il mistero" del processo che porta il software alla decisione (il cosiddetto black box), mentre i sistemi simbolici si avvalgono della Evidence Based Medicine (EBM) delle ricerche pubblicate negli articoli scientifici. A seguire verranno mostrati a titolo di esempio due sistemi di supporto della decisione clinica simbolici, Medidrug, un software creato dalla società italiana Mediology che si sta affermando nella realtà dell'SSN; Babylon Health, un sistema ampiamente utilizzato nel Regno Unito e

¹¹⁴ Ibidem

¹¹⁵ <https://salutedigitale.blog/2018/11/07/clinical-decision-support-system-cosa-sono-a-che-servono/> consultato il 30/08/2021

IBS Watson, un sistema esperto capace di delineare un iter terapeutico a diversi casi di tumore.

--Medidrug

Medidrug è un clinical decision support system utilizzato per la prescrizione farmacologica. Esso è impiegato per supportare i medici nell'analisi delle *adverse drugs reactions*, ossia per evitare gli effetti collaterali derivanti dall'utilizzo concomitante di farmaci¹¹⁶. Questi sono spesso la causa di ricoveri ripetuti, lunghe degenze e numerosi interventi al pronto soccorso soprattutto per gli anziani notoriamente portatori di più patologie contemporaneamente. Risulta infatti che le reazioni avverse ai farmaci siano facilmente prevenibili con una conoscenza accurata delle possibili reazioni tra essi (3 effetti collaterali su 4 sono evitabili). *Medidrug* supporta il medico fornendo informazioni sulle interazioni, gli effetti avversi, le ipersensibilità crociate e i dosaggi nei pazienti affetti da insufficienza renale, insufficienza epatica, negli stati di gravidanza e allattamento e nei pazienti anziani¹¹⁷. Questo sistema intelligente sta trovando diffusione anche nel nostro servizio sanitario nazionale; risulta infatti che venga utilizzato da alcune strutture sanitarie pubbliche in Lombardia, Toscana, provincia di Bolzano (in questo ultimo caso l'utilizzo è facilitato e implementato grazie alla diffusione cartella elettronica digital), e presso gli ordini dei medici di Udine e Bologna¹¹⁸. Per ora il target dell'app è circoscritto a medici ed operatori sanitari ma è ipotizzabile che in futuro possa essere utilizzato direttamente dai pazienti senza alcuna mediazione. In questo scenario assumerebbe un ruolo completamente ancillare il medico, il quale verrebbe interpellato solo nel caso il software non sapesse risolvere il problema, o peggio, nel caso di peggioramenti dovuti all'autocura.

-Babylon health

¹¹⁶ CERGAS-BOCCONI, *Rapporto OASI 2019 Osservatorio sulle Aziende e sul Sistema Sanitario Italiano*, 2020

¹¹⁷ <http://www.medilogy.it/html/soluzioni/medidrug-asl-e-ospedali-soluzioni-medilogy.asp>
consultato il 22/08/2021

¹¹⁸ CERGAS-BOCCONI, *Rapporto OASI 2019 Osservatorio sulle Aziende e sul Sistema Sanitario Italiano*, 2020

Un altro software, in questo caso una app per smartphone utilizzata per supportare il medico nelle decisioni cliniche è Babylon, la quale come obiettivo principale ha quello di “*democratizzare i servizi sanitari sia nei paesi sviluppati sia in quelli in via di sviluppo*”¹¹⁹, ossia rendere più economico, semplice e fruibile il trattamento medico a prescindere dal luogo dove si trova il paziente. Questo servizio di medicina di base è composto principalmente di due parti: la prima è la telemedicina, quindi, la possibilità di consultare con una videochiamata un medico di famiglia per un consulto online; la seconda parte è attinente all’intelligenza artificiale, ossia al machine learning; questa permette di supportare le decisioni mediche e le diagnosi attraverso una attenta mappatura dello stato di salute del paziente. Durante il consulto di telemedicina, l’app mostra al medico gli ultimi risultati ai test clinici, tutte le prescrizioni farmacologiche, lo stato di salute attuale, quello della famiglia, lo stile di vita, e quello correlato alle determinanti sociali di salute (luogo di lavoro, di domicilio, situazione economica ecc). L’intelligenza artificiale inoltre effettua automaticamente un pre-triage attraverso una chatbot introduttiva al videoconsulto, fornendo un quadro più completo e informando anticipatamente il medico di famiglia su quali possano essere le possibili patologie e i possibili trattamenti da effettuare¹²⁰. La possibilità di poter svolgere a casa propria delle visite mediche di base con una buona mole di dati ed evidenze cliniche certe e il supporto dell’AI per le decisioni mediche potrebbe essere la chiave di volta della medicina 4.0: il consulto a casa con medici attivi 24/7 ridurrebbe i tempi necessari e i costi dei pazienti per accedere al servizio sanitario; non ci sarebbe alcuna limitazione geografica e soprattutto gli anziani e i disabili non dovrebbero recarsi in loco ripetutamente. Ciò porterebbe oltre a un minore utilizzo di tempo, anche un miglior utilizzo di risorse per i sistemi sanitari, i quali esternalizzando i servizi di base potrebbero spendere una quota molto maggiore del budget sanitario per la medicina specialistica e di precisione, due settori allo stato attuale troppo specialistici per una app e per l’AI senza un medico presente. Sarebbero inoltre ridotte file e liste di attesa ed i medici di base, attraverso dati certi (raccolti da cartelle cliniche digitali e devices intelligenti) avrebbero comunque gli strumenti necessari per una visita esaustiva.

¹¹⁹ Babylon pre-lunch press-release, 2016

¹²⁰ https://www.simg.it/Riviste/rivista_simg/2019/05_2019/5.pdf

Questa app ha avuto un successo tale nel Regno Unito al punto che la NHS (National Health Service, pari al nostro SSN) ha stilato nel 2017 una cooperazione che prevede la quasi completa esternalizzazione e digitalizzazione dei servizi di medicina di base a Babylon; per il momento i quartieri Hammersmith e Fulham, entrambi situati a Nord-Ovest di Londra, sono i primi territori in cui i propri cittadini possono volontariamente rinunciare ai servizi “classici” offerti dal NHS per passare a quelli innovativi di Babylon. La scelta dell’app prevede la disiscrizione dalla Health center di appartenenza (pari alla nostra ASL) e l’iscrizione ai centri Babylon (per ora sono solamente cinque). Se il videoconsulto evidenziasse patologie di difficile diagnosi l’app prevede la visita presso il centro Babylon per una diagnosi in presenza. I tempi di attesa, in questo modo, sono molto inferiori e si aggirerebbero a circa due ore¹²¹.

A distanza di quattro anni la cooperazione ha dato i primi risultati: il dato più interessante riguarda la popolazione che ha scelto i servizi Babylon, ossia le fasce d’età giovani con una maggiore cultura digitale e poche o nessuna patologia cronica¹²². Ciò pone interrogativi sul rispetto dell’obiettivo iniziale dell’app che è quello di democratizzare i servizi sanitari. Creando servizio medico per giovani sani e digitalmente istruiti il NHS non ha ricevuto davvero benefici, dovendo continuare ad assistere tradizionalmente i pazienti che più hanno bisogno di cure. Il servizio però resta estremamente interessante in ottica futura. Ipotizzando una minore avversione alle tecnologie e una maggiore istruzione al digitale, un servizio di teleconsulto con le CDSS potrebbe rispondere “istantaneamente” alle richieste di anziani e disabili economicamente ed efficacemente, donandoli un servizio di qualità direttamente a casa propria.

-Watson for Oncology

La multinazionale della tecnologia IBM è una delle più attive nello sviluppo dell’intelligenza artificiale. La tecnologia IBM Watson è nata come strumento capace di comprendere il linguaggio umano e ha da sempre mostrato uno spiccato interesse nella progettazione di strumenti intelligenti di vario tipo nell’ambito

¹²¹ CERGAS-BOCCONI, *Rapporto OASI 2019 Osservatorio sulle Aziende e sul Sistema Sanitario Italiano*, 2020

¹²² *Ibidem*

sanitario¹²³. Il più riuscito è senza dubbio Watson for Oncology, un sistema esperto, quindi facente parte dell'intelligenza artificiale di prima generazione o "simbolica", addestrato dagli oncologi del Memorial Sloan Kettering Cancer Center di New York e da quelli del Cancer Center dell'università del Texas. Ha la funzione di supporto decisionale nell'attività clinica del medico attraverso la comparazione dei casi presentatigli alla letteratura medica, alle linee guida terapeutiche internazionali e allo storico di casi analoghi affrontati in passato e memorizzati nel dataset¹²⁴; si parla di 300 riviste mediche ed oltre 200 libri di testo, per un totale di circa 15 milioni di pagine¹²⁵. Inoltre il sistema è periodicamente aggiornato dai medici della Memorial Sloan Kettering¹²⁶. Questa smisurata mole di conoscenza, insieme ai protocolli terapeutici e agli alberi decisionali "insegnati" dai programmatori mira a creare una macchina capace di proporre la cura più appropriata e personalizzata ai differenti casi oncologici, tenendo conto dell'efficacia delle terapie e della possibilità di effetti collaterali. È capace di comprendere ed immagazzinare i dati della cartella clinica di un paziente, come i test di laboratorio, l'anamnesi familiare, le visite pregresse ed è capace di comprendere le note testuali destrutturate, come le prescrizioni scritte a mano da un medico¹²⁷. Tutti questi dati che la macchina comprende autonomamente rendono più semplice e sicuro il processo decisionale. Ogni decisione di IBS Watson è dotata di probabilità statistica del successo terapeutico¹²⁸. Secondo i suoi sostenitori in futuro, con una maggiore diffusione, renderà la cura del cancro più veloce, economica, ed equa e permetterà a chiunque nel mondo ad accedere sempre alle cure più all'avanguardia¹²⁹. Per ora il suo utilizzo è circoscritto a una cinquantina di istituti soprattutto in Asia ed è in grado di riconoscere e fornire supporto a decisioni cliniche soltanto per i tumori del seno, polmone, colon-retto, stomaco, ovaie e prostata, ma promettono i suoi creatori

¹²³ CERGAS-BOCCONI, *Rapporto OASI 2019 Osservatorio sulle Aziende e sul Sistema Sanitario Italiano*, 2020

¹²⁴ G. COLLECCHIA, R. DE GOBBI, *Intelligenza Artificiale e Medicina Generale*, Il Pensiero Scientifico Editore, 2020, p. 104

¹²⁵ [https://www.03.ibm.com/software/sla/sladb.nsf/8bd55c6b9fa8039c86256c6800578854/78b33662863a9fc18625829500761cf2/\\$FILE/i128-0007-04_05-2018_it_IT.pdf](https://www.03.ibm.com/software/sla/sladb.nsf/8bd55c6b9fa8039c86256c6800578854/78b33662863a9fc18625829500761cf2/$FILE/i128-0007-04_05-2018_it_IT.pdf) consultato online il 22/08/2021

¹²⁶ Ibidem

¹²⁷ G. COLLECCHIA, R. DE GOBBI, *Intelligenza Artificiale e Medicina Generale*, Il Pensiero Scientifico Editore, 2020, p. 106

¹²⁸ <https://pharma.easydata.it/watson-for-oncology-e-la-sfida-al-cancro/> consultato il 4/08/2021

¹²⁹ https://forward.recentiproggressi.it/it/rivista/numero-8-intelligenza-artificiale/articoli/watson-accompagna-il-lavoro-degli-oncologi/#bio1_4 consultato il 21/08/2021

che sarà presto capace di offrire una guida a dodici tipi di cancro che rappresentano l'80% dei casi mondiali¹³⁰. Come è facile da comprendere un sistema esperto non fornisce nuovi approcci alla cura del cancro, ma semplicemente delinea il percorso da seguire seguendo le indicazioni della smisurata letteratura medica. Nonostante il grande eco giornalistico mondiale a riguardo¹³¹¹³² IBM non è la panacea della lotta al cancro come molti vogliono far credere; è invece un ottimo sistema che mette in opera quello che i ricercatori mondiali pubblicano sulla stampa dedicata.

2.3 RIABILITAZIONE ED ASSISTENZA

Le tecnologie basate sull'intelligenza artificiale combinata alla robotica e alla realtà virtuale stanno svolgendo un ruolo fondamentale nell'ambito dell'assistenza e della riabilitazione. Attraverso supporti indossabili, esoscheletri o macchinari riabilitativi dotati di sensori capaci di percepire i movimenti è possibile una analisi dei progressi riabilitativi ed attraverso essi sviluppare una cura consona nei vari stadi della riabilitazione. Ciò porta un'inevitabile trasformazione del fisioterapista, il quale da erogatore di cure diventerebbe più un supporto o un supervisore dei progressi del paziente¹³³. La robotica riabilitativa si concentra sul trattamento di pazienti con disabilità fisiche e/o mentali allo scopo di un recupero funzionale motorio o cognitivo attraverso l'utilizzo di tecnologie assistive¹³⁴. Le patologie che generalmente necessitano di un processo riabilitativo sono gli ictus, le sindromi muscolari dolorose, la fibromialgia, i traumi cranici ed

¹³⁰ <https://pharma.easydata.it/watson-for-oncology-e-la-sfida-al-cancro/> consultato il 27/09/2021

¹³¹ [IBM pitched its Watson supercomputer as a revolution in cancer care. It's nowhere close](#) consultato il 11/09/2021

¹³² IBM PRESS ROOM, [ASCO 2017, nuove correlazioni tra l'uso della tecnologia cognitiva di Watson e la cura del cancro](#) consultato il 9/09/2021

¹³³ G. COLLECCHIA, R. DE GOBBI, *Intelligenza Artificiale e Medicina Generale*, Il Pensiero Scientifico Editore, 2020, p. 108

¹³⁴ F. LAGIOIA, *Intelligenza Artificiale in Sanità: un'analisi giuridica*, Giappichelli Editore, 2020, p.33

articolari, le amputazioni e i processi post-traumatici e post-operatori.¹³⁵ In seguito verranno fornite sotto-aree di intervento e le tecnologie di supporto.

-Sistemi di supporto alla coordinazione motoria

A seguito di danni cerebrali è necessaria una riabilitazione atta a ristabilire le funzionalità motorie. La metodologia più utilizzata è quella di ripetere il movimento che si intende ripristinare per fare in modo che attraverso la “memoria muscolare” il cervello riapprenda il meccanismo che porta al movimento¹³⁶. Uno strumento utilizzato è *Hunova*: si tratta di una pedana dotata di sensori biologici e realtà virtuale, la quale analizza i movimenti reiterati del paziente per fornire al medico un “bio-feedback” per poter indirizzare al meglio le cure¹³⁷. Un altro importante strumento per la riabilitazione, completamente diverso da *Hunova* è *Lokomat*: si tratta di un “esoscheletro intelligente” per gli arti inferiori, il quale una volta indossato guida il paziente imprimendo i movimenti della deambulazione, prendendo nota della risposta muscolare. Questo strumento in pazienti quasi completamente riabilitati imprime una resistenza capace di potenziare i muscoli degli arti¹³⁸.

-Sistemi per la terapia assistita dell'allenamento fisico

In questo caso si tratta di strumenti utilizzabili in ambito domestico senza il supporto di un fisioterapista, indicati per pazienti che hanno riacquisito parzialmente la mobilità articolare ma hanno la necessità di rafforzare la parte riabilitata. Un esempio è quello di Rutgers Ankle, uno strumento di potenziamento delle articolazioni della caviglia. I possibili esercizi sono di tre tipi: potenziamento, stretching e bilanciamento e sono eseguibili in casa con la sola connessione di un normale PC, il quale oltre a immagazzinare i dati provenienti dalla stimolazione della caviglia, trasmette un videogame la cui fonte di iterazione è proprio il movimento articolare, rendendo il trattamento più piacevole. I dati raccolti hanno

¹³⁵ Ibidem

¹³⁶ Ibidem

¹³⁷ CERGAS-BOCCONI, *Rapporto OASI 2019 Osservatorio sulle Aziende e sul Sistema Sanitario Italiano*, 2020

¹³⁸ <https://www.campolongohospital.com/news/ecco-il-lokomat-la-nuova-frontiera-della-riabilitazione-al-campolongo-hospital/> consultato online il 2/09/2021

la funzione sia di personalizzare la riabilitazione, sia vengono inviati al terapeuta, in quale può osservare i progressi del paziente senza che ci sia una seduta in presenza¹³⁹.

-Sistemi per terapie mentali, cognitive e sociali

Sono strumenti pensati per sopperire il deterioramento cognitivo e mentale attraverso la simulazione di comportamenti sociali come la comunicazione e l'atteggiamento cooperativo. Gli strumenti hanno la maggior parte delle volte un'interfaccia simile ad un videogame, ad animali domestici o a giocattoli tradizionali, proprio per cercare di simulare il più possibile la dinamica del gioco e rendere la riabilitazione più fruibile e divertente per pazienti affetti da deficit mentali e/o cognitive¹⁴⁰. *Project Evo* è un videogame installabile su normali smartphones o tablets; il paziente attraverso la rotazione del device sposta un avatar facendolo muovere in un percorso mentre quando riconosce animali (pesci o uccelli) per interagirci deve cliccarci su. Questo esercizio aiuta a sviluppare l'elaborazione d'interferenza, una delle funzioni compromesse in caso di malattia cognitiva come il disturbo dell'elaborazione sensoriale, patologia molto comune nei pazienti gravemente autistici. La sperimentazione di questo videogame in un gruppo di 57 bambini ha dimostrato un miglioramento statisticamente significativo nelle funzioni cognitive, comportamentali e neurologiche¹⁴¹.

Leonardo è un robot progettato dalla collaborazione degli scienziati del MIT (Massachusetts Institute of Technology) insieme alla collaborazione di importanti enti e società come la Toyota e la Nasa¹⁴²; dalla animale, è capace di interagire con i pazienti facendoli sviluppare capacità sociali. È inoltre in grado di riconoscere espressioni e comportamenti umani e rispondere al contatto fisico. Ciò lo porta ad essere un importante aiuto e compagnia per i pazienti che hanno la necessità di

¹³⁹ https://www.researchgate.net/publication/243769277_Rutgers_Ankle_orthopedic_rehabilitation_interface consultato online il 2/02/2021

¹⁴⁰ G. COLLECCHIA, R. DE GOBBI, *Intelligenza Artificiale e Medicina Generale*, Il Pensiero Scientifico Editore, 2020, p. 110

¹⁴¹ R. ASCIONE, *Il Futuro della Salute, come la tecnologia digitale sta rivoluzionando la medicina (e la nostra vita)*, Hoepli Editore, 2018, p. 107

¹⁴² [https://en.wikipedia.org/wiki/Leonardo_\(robot\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Leonardo_(robot)) consultato il 3/09/2021

imparare ad interagire con l'esterno e di comprendere la gestualità, la mimica facciale e le reazioni agli stimoli.

-Assistenza

Nell'area assistenziale agli anziani, malati cronici e disabili è possibile diversificare gli strumenti dotati di intelligenza artificiale a seconda del luogo in cui vengono utilizzati. Una possibile distinzione dei luoghi dell'assistenza è: negli istituti e/o case di riposo in caso di possibili acuti, complicazioni o estrema fragilità oppure presso il domicilio del degente, ossia quando lo status clinico non è così grave da dover essere monitorato da personale sanitario in maniera continuativa, ma dai cosiddetti caregiver (infermieri, badanti o famigliari, in maniera continuativa e non).

-Assistenza Ospedaliera/RSA

In questi luoghi l'intelligenza artificiale associata alla robotica ha lo scopo non di erogare o di coadiuvare le cure di professionisti sanitari, quanto più compiti di logistica (spostamento, deambulazione pazienti) oppure la fornitura farmaci e cibo o pulizia dei luoghi di cura¹⁴³. Queste sono attività routinarie svolte solitamente da infermieri ed OSS.

Strumenti capaci di svolgere queste attività in modo sicuro e senza rischi per i pazienti potrebbero avere un fortissimo impatto sulla offerta di lavoro, rendendo obsoleta la costosa presenza umana. Quello invece che è auspicabile che avvenga, dopo una certa implementazione di tali "presenze" all'interno di strutture di cura è che i professionisti umani e le macchine cooperino per il benessere dei pazienti, riducendo per esempio le ore di lavoro o il carico di fatica di infermieri o OSS, interagendo con pazienti più "semplici" da trattare e sostenendo l'attività umana, con precisione e cura pari ad essa, per esempio nelle fasce notturne o nei festivi.

Tug è un *autonomous delivery robot* utilizzato negli ospedali; grazie ai sensori e all'intelligenza artificiale è capace di muoversi autonomamente negli ospedali per

¹⁴³ G. COLLECCHIA, R. DE GOBBI, *Intelligenza Artificiale e Medicina Generale*, Il Pensiero Scientifico Editore, 2020, p. 112

consegnare farmaci, biancheria e pasti ai ricoverati nelle strutture. È stato di fondamentale importanza nelle strutture dove è stato precedentemente adottato per i ricoverati per Covid-19 sottoposti a quarantena nelle strutture ospedaliere¹⁴⁴.

-Assistenza domiciliare

La tendenza dell'assistenza domiciliare è quella di rendere più fruibile al degente consulenze e visite direttamente dal luogo di residenza. Negli ultimi anni si è molto sviluppato nel contesto italiano la Telemedicina e il Teleconsulto, entrambe non facenti parte dell'universo dell'AI. Secondo il Ministero della salute esse sono *“modalità di erogazione di servizi di assistenza sanitaria, tramite il ricorso tecnologie innovative, in particolare alle Information and Communication Technologies (ITC) , in situazioni in cui il professionista della salute e il paziente non si trovano nella stessa località [...] la prestazione in telemedicina non sostituisce la prestazione sanitaria tradizionale nel rapporto personale medico paziente, ma la integra per potenzialmente migliorare efficacia, efficienza e appropriatezza¹⁴⁵”*. La tendenza è quindi quella di rendere il paziente attivamente “connesso” ai medici, i quali possono facilmente prescrivere trattamenti o consulti a specialisti. L'AI insieme ad altri strumenti ad essa connessa (domotica, devices indossabili, Internet of things) hanno lo stesso obiettivo di base, ossia connettere i pazienti alle cure dei professionisti. Si parla quindi di “smart home” ossia luoghi in cui i dispositivi sono capaci di prendere informazioni e trasmetterle dopo averle elaborate, o ad altri dispositivi, o a famigliari e medici. Una esperienza molto interessante è quella di *Punto Service*, una cooperativa la quale ha elaborato il piano “sicurezza d'argento”, che prevede il monitoraggio 24/7 domiciliare attraverso dispositivi intelligenti. Questi sono in grado di riconoscere eventi a rischio per la salute, come una caduta, oppure la mancanza di movimento continuativo e allertare chi di competenza per agire in maniera tempestiva riducendo le complicazioni dovute ad un intervento non celere. È uno strumento che si potrebbe rivelare di fondamentale importanza nei casi di anziani parzialmente autosufficienti che non vogliono un'assistenza continuativa da parte di famigliari o caregiver. Ciò porta dal

¹⁴⁴ <https://i-rim.it/it/project/tug/> consultato online il 1/09/2021

¹⁴⁵ http://www.salute.gov.it/C_17_pubblicazioni_2129_allegato.pdf consultato il 30/08/2021

punto di vista finanziario una spesa molto minore a carico delle famiglie ed una migliore condizione di vita per l'anziano.

2.4 L'AI NELLA LOTTA AL CORONAVIRUS

La lotta mondiale alla pandemia da Sars Cov-2 ha dimostrato soprattutto nel suo periodo di picco (Marzo-Aprile 2020) la debolezza dei sistemi sanitari sia pubblici che privati praticamente su scala mondiale. Ciò ha portato ad un veloce cambio di passo sulla ricerca e anche sull'accettazione di pratiche cliniche e organizzative innovative, proprio per cercare di contenere un fenomeno inedito e disastroso come una pandemia mondiale. In questo difficile panorama l'intelligenza artificiale ha trovato ampio spazio di utilizzo e di ricerca in praticamente tutti i settori legati alla medicina (prevenzione, diagnosi, cura, ricerca farmacologia ed epidemiologica¹⁴⁶) ma anche a settori legati al contenimento del virus (tracciamento, analisi del rischio contagio, servizi a distanza per evitare assembramenti). Nonostante dal punto di vista puramente tecnico non ci siano state grosse innovazioni, la pandemia ha iniziato a scardinare le barriere legate a fattori culturali come la paura per un utilizzo improprio di dati sanitari e non personali, lesioni della privacy e sostituzione della figura del medico con quella di macchine intelligenti. In questo contesto di "necessaria accettazione" dell'AI i policy makers e i medici hanno ben capito la necessità di una innovazione digitale basata su tecnologie intelligenti e, come è descritto nel prossimo capitolo, ha portato anche a un'accelerazione nel nostro paese delle discussioni in ambito pubblico e privato di una necessaria regolazione del fenomeno, con una politicizzazione dell'issue "intelligenza artificiale" lungo l'asse destra/sinistra. A seguire verranno brevemente descritti alcuni ambiti dove l'AI è utilizzata per la lotta contro il Covid-19 e verranno forniti per ognuno di questi gli obiettivi ed esempi significativi. Vista la dimensione globale del fenomeno gli esempi verteranno su esperienze provenienti da vari paesi, con diverso livello di adozione dell'AI, diversa regolamentazione giuridica e diverso grado di accettazione dell'opinione pubblica.

¹⁴⁶ P. R. BOSCOLO, K. LICO, *L'emergenza diventa volano per l'intelligenza artificiale*, Franco Angeli, 2021

-Prevenzione

La pericolosità del coronavirus è dovuta soprattutto alla sua estrema contagiosità. A causa di ciò i governi in una fase iniziale per cercare di contenere il virus hanno imposto misure restrittive della libertà di movimento. In un secondo momento si sono implementate le cosiddette app di *contact tracking*, ossia applicazioni basate sull'AI che registrano i contatti con altri dispositivi attraverso la tecnologia di geolocalizzazione o bluetooth, per poi avvisare l'utilizzatore, in caso di contatti con utenti che hanno segnalato la positività al virus, in modo da potersi celermente autoisolare e prenotare gli esami diagnostici. In Italia è stata autorizzata dal garante della privacy l'app *Immuni* per un periodo sperimentale, fino al 31 Dicembre 2022; questa è capace di segnalare se si sono avuti contatti rischiosi con utenti dimostratisi in seguito positivi, analizzando il luogo di contatto tra dispositivi, il tempo e la distanza. Se l'utente riceverà una notifica di contatto rischioso avrà l'obbligo di autoisolarsi e di contattare l'ASL di appartenenza, la quale monitorerà i sintomi e disporrà il tampone¹⁴⁷. L'app è gratuita e può essere scaricata su base volontaria. L'approccio scelto è quello di un bilanciamento tra necessità di contenimento del virus e garanzia di anonimato da parte degli utenti, proporzionalità e gradualità degli interventi, rispetto dei dati appresi, e utilizzo di infrastrutture pubbliche site nel territorio nazionale per la raccolta dei dati¹⁴⁸. L'app nella sua formulazione ha l'obiettivo di tutela della salute attraverso la ricostruzione di contatti con positivi e non quella di repressione e controllo digitale di chi abbandona l'isolamento anche se positivo al virus. Molto diversa la situazione in Oriente, dove a causa di una minore salienza del tema della privacy e della libertà individuale, sono state adoperate misure molto più "aggressive" per scongiurare la possibilità di contagio, come ad esempio in Cina e in Corea del Sud, dove telecamere supportate da AI possono riconoscere e tracciare gli spostamenti della popolazione e monitorare e successivamente reprimere attraverso riconoscimento facciale chi viola la

¹⁴⁷ <https://www.agendadigitale.eu/cultura-digitale/immuni-come-funziona-lapp-italiana-contro-il-coronavirus/> consultato il 7/09/2021

¹⁴⁸ E. D'ALBERGO, T. FASCIANI, *Istituzioni e crisi Covid-19 in Italia: agende e (de)politizzazione nella governance dell'intelligenza artificiale*, Rivista Trimestrale di scienza dell'amministrazione 2/2020

quarantena nonostante sia positivo al virus¹⁴⁹. Certe misure coercitive e restrittive male si adatterebbero al nostro sistema di valori, alla salienza del tema del rispetto della privacy e alla nostra Carta Costituzionale. Come afferma Antonello Soro, presidente dell'autorità garante per la protezione dei dati personali: *“il modello cinese, con la sua sorveglianza totale, figlia di una storia di imperialismo digitale, non può essere un nostro riferimento. neppure quello coreano perché in Corea c'è una cultura di fondo, sociale e giuridica, molto distante dalla nostra. pensare di trasferire meccanicamente quelle esperienze nel nostro paese è il frutto di un momento emotivo che, arrivo a dire, può essere giustificato. Ma chi ha la responsabilità di governare si deve ispirare alla nostra costituzione e non al governo dell'emozione. anche in tempo di guerra il diritto deve guidare la scelta di atti necessari¹⁵⁰”*.

-Diagnosi

Nel panorama pandemico che stiamo vivendo è di fondamentale importanza diagnosticare l'infezione da Coronavirus il più velocemente possibile, per evitare che la malattia decorra con le conseguenze che abbiamo conosciuto nei mesi di Marzo e Aprile 2020. Ad oggi il metodo utilizzato per la diagnosi del Covid è quella del tampone, sia nasale che faringeo. Un altro metodo per la diagnosi tempestiva di suddetta infezione è quella a cui hanno lavorato l'istituto di ricerca cinese Alibaba Damo Academy (Cina), i quali avrebbero creato attraverso la diagnostica per immagini delle TAC (Tomografia Assistenziiale Computerizzata) un algoritmo capace di riconoscere un caso positivo da uno negativo con un sistema di Machine Learning¹⁵¹. Questo studio è avvenuto nei primissimi mesi della pandemia (17

¹⁴⁹ <https://www.key4biz.it/cina-e-covid-app-di-tracciamento-e-telecamere-per-tornare-liberi-il-paradosso-della-sorveglianza-digitale/358203/> consultato il 11/09/2021

¹⁵⁰ <https://www.garanteprivacy.it/home/docweb/-/docweb-display/docweb/9294061> consultato il 4/09/2021

¹⁵¹ <https://www.nature.com/articles/s41467-020-17971-2.pdf> consultato il 11/09/2021

Gennaio - 3 Marzo 2020) e le informazioni cliniche utilizzate per addestrare l'algoritmo sono state:

1. Spostamenti geografici dei pazienti;
2. Esposizione a persone infette;
3. Analisi del sangue;
4. Sintomi comuni riscontrati;
5. Età;
6. Sesso.¹⁵²

I risultati della ricerca hanno evidenziato una sostanziale parità di precisione della diagnosi tra quelle dei medici e quelle dell'algoritmo. Risulta infatti nello studio che su 134 pazienti effettivamente colpiti da coronavirus 90 sono stati riconosciuti dall'algoritmo e su 145 pazienti negativi, 113 sono stati correttamente classificati come tali¹⁵³. Nonostante i dati siano nella media della rilevazione di radiologi esperti, il sistema di AI è stato capace di identificare ben 17 casi di positività in più rispetto alle diagnosi umana. Questo sistema fa ben sperare nella lotta al Coronavirus, inserendo uno strumento che ben si affiancherebbe alle pratiche diagnostiche utilizzate oggi. Una combinazione di tamponi e TAC con il supporto dell'AI darebbe una certezza in più sull'effettivo status del paziente in tempi brevissimi, in quanto i risultati si otterrebbero in soli 20 secondi, molto meno dei 15 minuti di tempo che serve in media ad un radiologo esperto per analizzare un'immagine diagnostica. Questa tecnologia di analisi delle TAC è stata utilizzata anche in Italia, nel Campus Biomedico di Roma, con un tasso di attendibilità del 98,5¹⁵⁴%

Un altro esempio di app diagnostica è *Covid-19 Sounds App*¹⁵⁵, creata dagli scienziati della Cambridge University e finanziata dai finanziamenti Europei¹⁵⁶. Essa attraverso un sistema di machine learning è capace di analizzare il tono della

¹⁵² <https://www.med4.care/intelligenza-artificiale-diagnosi-covid-19/> consultato il 4/09/2021

¹⁵³ Ibidem

¹⁵⁴ P. R. BOSCOLO, K. LICO, *L'emergenza diventa volano per l'intelligenza artificiale*, Franco Angeli, 2021

¹⁵⁵ <https://www.covid-19-sounds.org/it/> consultato il 3/09/2021

¹⁵⁶ <https://cordis.europa.eu/article/id/417988-the-sound-of-covid-19-new-app-to-identify-symptoms-through-voices-and-coughs/it> consultato il 3/09/2021

voce, la respirazione e il rumore della tosse ed è in grado di restituire all'utente una possibile diagnosi della positività al Covid-19¹⁵⁷. *“Esistono pochissimi ampi set di dati sui suoni respiratori, quindi per migliorare gli algoritmi che potrebbero essere usati per una diagnosi precoce, abbiamo bisogno di tanti campioni da quanti più partecipanti possibile. Anche se non otteniamo molti casi positivi di coronavirus, potremmo evidenziare dei collegamenti con altre patologie”* afferma La Prof.ssa Mascolo dell'università di Cambridge e a capo del progetto.

-Monitoraggio positivi

Un altro necessario ambito nella lotta al covid è quello di monitorare i pazienti positivi in quanto la malattia porta spesso ad acuti nonostante nelle prime fasi possa sembrare asintomatica. È quindi necessario un controllo continuativo dello stato di salute, il quale non può svolgersi in un ricovero preventivo presso le strutture mediche. L'AI viene in aiuto attraverso dispositivi di monitoraggio continuativo. BioBeat è un'azienda israeliana produttrice di devices per il monitoraggio e l'analisi di parametri vitali. Questi, un bracciale o un cerotto intelligente, attraverso la tecnologia PPG (Fotoplethismografia) inviano i dati ad una cartella cloud remota. Secondo l'azienda questi strumenti sarebbero capaci di misurare un'ampissima gamma di bioindicatori: ECG singola derivazione, pressione arteriosa, frequenza cardiaca variabilità, frequenza cardiaca, pressione arteriosa media, pressione differenziale, saturazione di ossigeno, frequenza respiratoria, temperatura corporea, gittata cardiaca, gittata sistolica, indice cardiaco, resistenza vascolare sistemica¹⁵⁸. Le soluzioni proposte da questa azienda hanno un enorme potenzialità per lo sviluppo della sanità nel panorama ipotizzato nel Path II, ossia in politiche ad alto impatto per i pazienti ma che non sconvolgono l'attuale erogazione di cure da parte dei sistemi sanitari.

¹⁵⁷ Ibidem

¹⁵⁸ http://www.intermeditalia.it/ita/news/dispositivi_indossabili_biobeat_97 consultato il 3/09/2021

CAPITOLO 3

LA SITUAZIONE ITALIANA

3.1 STRATEGIA EUROPEA ED ITALIANA

L'intelligenza artificiale è un nuovo modo di concepire la tecnologia, l'uso dei dati, il valore della privacy e l'utilizzo di infrastrutture digitali; questo ha portato non pochi problemi ai tecnici, esperti e legislatori europei, i quali in più riprese

hanno stilato documenti programmatici e libri bianchi per cercare di dare un impianto organico comune a tutti gli Stati, in attesa che i legislatori nazionali provvedano creando norme, raccomandazioni e linee guida atte a controllare questo inaspettato e dirompente fenomeno. A ciò si unisce una sostanziale nebulosità dell'argomento da parte dei politici, i quali alle volte minimizzano il fenomeno e alle volte lo estremizzano creando confusione e spesso immotivata paura. Uno dei primi documenti che mostra la sostanziale indeterminatezza dell'argomento AI è la risoluzione del Parlamento Europeo *“Raccomandazioni alla Commissione Europea del 12 Febbraio 2017¹⁵⁹”*. In questo documento, non avente valore di fonte del diritto, il PE enfatizza il potenziale dell'AI, affermando quello che i tecnici chiamano “intelligenza artificiale forte” come già esistente e funzionante, ponendo la necessità di regolare apparecchiature (anche sanitarie) in grado di operare autonomamente e indipendentemente dall'uomo, cosa che allo stato attuale dello sviluppo tecnologico non è né ipotizzabile né in programma da parte dei ricercatori e studiosi dell'intelligenza artificiale¹⁶⁰. *“La risoluzione si è precipitata troppo in avanti senza soffermarsi sui reali limiti della tecnologia e sulla logica dei sistemi, tant'è che in modo del tutto atecnico utilizza il termine robot come sinonimo di agente intelligente (hardware, software o integrati)¹⁶¹”*. Nonostante ciò il documento ha fornito interessanti soluzioni adottabili in futuro come la banca dati degli algoritmi: una sorta di archivio dove sia i produttori che operatori che i soggetti interessati (cittadini ed utenti) possano controllare ex-ante ed ex-post l'affidabilità e la robustezza degli algoritmi¹⁶².

A distanza di un anno la Commissione Europea con la comunicazione COM(2018) 237 FINAL inquadra meglio il fenomeno dell'AI, definendola come *“quei sistemi che mostrano un comportamento intelligente analizzando il proprio ambiente e compiendo azioni, con un certo grado di autonomia, per raggiungere gli obiettivi*

¹⁵⁹ Norme di diritto civile sulla robotica: Risoluzione del Parlamento europeo del 16 febbraio 2017 recante raccomandazioni alla Commissione concernenti norme di diritto civile sulla robotica (2015/2103(INL))

¹⁶⁰ G. PASCERI, *Intelligenza Artificiale, Algoritmo e Machine Learning*, Giuffrè Editore, pp. 53-54

¹⁶¹ Ibidem

¹⁶² Ibidem

specifici”¹⁶³ e pone un quadro coerente di steps da compiere per un’implementazione “*coordinata per sfruttare al massimo le opportunità offerte dall’AI e per affrontare le nuove sfide che essa comporta [...] assicurando che l’AI sia sviluppata ed applicata in un quadro che promuova l’innovazione e rispetti i valori dell’Unione e i diritti fondamentali, oltre ai principi etici come la responsabilità e la trasparenza*”¹⁶⁴. A pro di ciò il documento statuisce una serie di presupposti etici e morali necessari per l’applicazione dell’AI nel contesto Europeo:

1. Intervento e sorveglianza umana;
2. Robustezza tecnica;
3. Riservatezza e governance dei dati;
4. Trasparenza;
5. Diversità, non discriminazione ed equità;
6. Benessere sociale ed ambientale;
7. Accountability¹⁶⁵.

L’altro fondamentale documento Europeo programmatico sull’intelligenza artificiale è la Comunicazione della Commissione Europea COM(2020) 65 FINAL del 19/02/2020 chiamata “*White Paper on Artificial Intelligence, A European Approach to Excellence and Trust*”. Questo documento mostra ancora di più il cambio di passo dell’Unione in termini di AI, da un approccio offuscato, poco chiaro e spaventato ad un quadro coerente e ben definito di sviluppo, con obiettivi a breve e medio termine per una implementazione coerente ed efficace dell’AI. Il ruolo fondamentale dell’intelligenza artificiale in sanità è chiaro già nell’introduzione: “*l’intelligenza artificiale si sta sviluppando rapidamente. Cambierà le nostre vite migliorando l’assistenza sanitaria (ad esempio*

¹⁶³ Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, Bruxelles, art.1. 7 dicembre 2018, COM(2018) 795 Final.

¹⁶⁴ Ibidem

¹⁶⁵ G. PASCERI, *Intelligenza Artificiale, Algoritmo e Machine Learning*, Giuffrè Editore, 2021, p.58

rendendo le diagnosi più precise e consentendo una migliore prevenzione delle malattie)¹⁶⁶”.

In questo importante documento sono definite le sei azioni strategiche da compiere dai diversi Stati in ottica di un approccio comune sicuro ed affidabile, che porti l'Europa a diventare un polo fondamentale nello sviluppo dell'intelligenza artificiale a livello mondiale.

1. Ampliare la collaborazione tra e fra gli Stati membri, attraverso la revisione del piano coordinato da adottare entro la fine del 2020;
2. Concentrare gli sforzi comuni nella ricerca e nell'innovazione, creando una sinergia tra i vari centri di competenza nazionali per allineare gli sforzi comuni e migliorare l'eccellenza trattenendo e richiamando i maggiori ricercatori mondiali nel campo dell'AI. Agevolare la creazione di centri di prova di eccellenza che possano richiamare investimenti privati, nazionali ed Europei, utilizzando allo scopo anche fondi FSE;
3. Implementare le competenze in ambito AI, istituendo un piano d'azione per l'istruzione digitale. Esso contribuirà a far crescere la consapevolezza in merito alla materia a tutti i livelli di istruzione, al fine di preparare i cittadini a decisioni informate. Allo scopo per creare competenze per lavorare nel settore dell'AI verranno istituiti corsi di formazione universitaria;
4. Maggiore attenzione alle PMI attraverso un rafforzamento dei poli dell'innovazione digitale e la piattaforma AI on demand. Verranno offerti finanziamenti a partire da quello pilota di 100 milioni di euro;
5. Partenariato con il settore privato, assicurandosi che sia pienamente coinvolto nella definizione dell'agenda per la ricerca e l'innovazione e fornisca il necessario livello di investimenti.
6. Promuovere l'adozione dell'AI nel settore pubblico, compreso quello sanitario, attraverso l'apertura di dialoghi settoriali aperti dando priorità a operatori di servizio pubblico, amministrazioni rurali ed assistenza sanitaria, per presentare

¹⁶⁶ Comunicazione della Commissione Europea COM(2020) 65 FINAL del 19/02/2020, A White paper on Artificial Intelligence

un piano d'azione che faciliti lo sviluppo, la sperimentazione e l'adozione dell'IA¹⁶⁷.

Dal punto di vista nazionale è possibile distinguere nell'ambito della regolazione dell'AI, o almeno in un aspetto di essa, una cesura dovuta all'adozione dell'app Immuni, app di contact tracing utilizzata nel periodo della cosiddetta "fase 2" ossia quella della riduzione delle restrizioni dopo il "picco" dell'epidemia da Covid-19 nella primavera 2020. Nella fase pre-Covid l'opinione pubblica e molte forze politiche erano quasi del tutto disinteressate all'utilizzo e alla regolazione dell'intelligenza artificiale. L'attore più interessato nell'arena politica italiana era il Movimento 5 Stelle, il quale dalle file del governo da esso presieduto, insieme all'alleato Leghista incaricò nel 2018 un gruppo di 30 esperti nazionali, per produrre, sulla falsariga delle comunicazioni Comunitarie, una *"Proposta per una strategia Italiana per l'Intelligenza Artificiale"*¹⁶⁸ ed una bozza di strategia per una consultazione al fine di definire sia una policy industriale, sia una strategia per la futura regolazione¹⁶⁹. Nella prefazione emerge chiaramente, come evidenziato anche in ambito Europeo, la difficilissima definizione e soprattutto regolazione del fenomeno: *"formulare proposte di politica pubblica in materia di tecnologie digitali è un'impresa a dir poco complessa, se non improba. La materia è in costante evoluzione, il che pone il legislatore di fronte una frontiera mobile, che si sposta costantemente in avanti. inseguire le tecnologie per un policy maker è spesso una scelta perdente, posto che qualsiasi regola eccessivamente dettagliata e prescrittiva non può che diventare obsoleta nel giro di poche settimane. Scrivere regole puntuali per tecnologie come l'intelligenza artificiale fotografando nell'evoluzione attuale equivale, per certi versi, a scrivere sulla sabbia: alla prima ondata tecnologica, è necessario ricominciare da capo"*¹⁷⁰. Il documento, non molto innovativo rispetto al White paper europeo analizza nel primo capitolo i trend

¹⁶⁷ Comunicazione della Commissione Europea COM(2020) 65 FINAL del 19/02/2020, A White paper on Artificial Intelligence

¹⁶⁸ https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Proposte_per_una_Strategia_italiana_AI.pdf consultato l'11/09/2021

¹⁶⁹ E. D'ALBERGO, T. FASCIANI, *Istituzioni e crisi Covid-19 in Italia: agende e (de)politizzazione nella governance dell'intelligenza artificiale*, Rivista Trimestrale di scienza dell'amministrazione 2/2020

¹⁷⁰ MISE, *Proposte per una Strategia Italiana per l'intelligenza artificiale*, 2020

globali e la strategia Europea per l'AI per focalizzandosi a seguire sulla situazione italiana e nell'ultimo capitolo su in sistema di metagovernance futuro. In quest'ultima analisi definisce gli ambiti di una necessaria futura regolazione: coesistenza con macchine intelligenti, protezione dei consumatori e garanzia di concorrenza, protezione dalla disinformazione e dai cosiddetti "deep fake" (creazione di informazioni false sulla base di manipolazioni utilizzando l'AI) ed il problema della riduzione dell'offerta di lavoro ai tempi della digitalizzazione e automazione. Tra i punti fondamentali vi è il progetto di un investimento di oltre 800 milioni in cinque anni in sei aree specifiche: IoT, manifattura e robotica; servizi sanità e finanza; trasporti agrifood ed energia; aerospazio e difesa; pubblica amministrazione; cultura, creatività e digital humanities¹⁷¹.

L'interesse della issue da parte del M5S è proseguita nell'esperienza del "Governo giallo-rosso". Una iniziativa del Ministro innovazione tecnologica e transizione digitale (MID) P.Pisano: "*Strategia di Innovazione Italia 2025*¹⁷²" prevede l'utilizzo dell'AI per la gestione di procedimenti amministrativi ripetitivi ed a bassa discrezionalità e l'utilizzo nel mondo della giustizia, "*nel rispetto dei principi etici e giuridici destinati a confluire nello Statuto etico-giuridico dell'Intelligenza Artificiale, al quale sarà chiamato a lavorare l'AI Ethical Lab-le*¹⁷³". Si tratterà di una "*Alleanza per l'intelligenza artificiale sostenibile*": un comitato di soggetti pubblici e privati che avranno il compito di elaborare, dopo una consultazione con esperti nazionali ed europei, uno "*statuto etico-giuridico dell'intelligenza artificiale*" che, oltre a fissare un set minimo di principi, stabilisca un insieme di regole minime, ossia una "*certificazione di sostenibilità etico-giuridica per l'AI*¹⁷⁴".

La prima fase della strategia italiana non si discostava considerevolmente da quella europea, ossia definire un set minimo di principi guida di soft-law capace di conciliare la necessità di innovazione ad un insieme di regole minime concentrate soprattutto sull'etica, la conformità, la sicurezza e la privacy dei dati.

¹⁷¹ <https://www.i-com.it/2020/07/09/intelligenza-artificiale-pubblicata-la-strategia-per-una-renaissance-dellitalia/> consultato il 13/09/2021

¹⁷² MID, *Strategia di Innovazione Italia 2025, le prime azioni per l'Italia del futuro*

¹⁷³ Ibidem

¹⁷⁴ Ibidem

Dal punto di vista della governance è necessario notare una certa depoliticizzazione del fenomeno, in quanto almeno nella fase iniziale le soluzioni trovate furono una combinazione di regole di soft-law e hard-law attraverso quindi la co-regolazione tra soggetti pubblici e privati con cabine di regia ministeriali o interministeriali tra governo e stakeholders (esperti e privati), per conciliare l'adozione di nuove tecnologie ad una normazione che non imponesse ostacoli giuridici¹⁷⁵.

Il punto di svolta che ha aumentato la salienza dell'argomento AI e la sua politicizzazione è stata la discussione, prima nei mass media e successivamente in Parlamento dell'introduzione dell'app Immuni, concepita per contenere la diffusione del Coronavirus attraverso il tracciamento contatti tra dispositivi mobili. In un primo momento la discussione non superò i banchi del governo: il 31 Marzo 2020 venne istituita dal MID in concerto con il Ministero della Salute, una task force di 74 membri per discutere circa l'uso di tecnologie emergenti per contenere la diffusione del virus. Il 17 Aprile, terminate le consultazioni con la task force, il Commissario straordinario all'emergenza Domenico Arcuri firmò un'ordinanza la quale sanciva un contratto di concessione gratuita con la società Bending Spoon S.p.a. sull'utilizzo dell'app Immuni¹⁷⁶. La decisione però fu seguita da un grande confronto dei mass media, preoccupati soprattutto dai dilemmi etici dell'app di contact tracing utilizzando l'AI osservando le forti limitazioni alla libertà personale e della privacy in paesi che avevano già implementato tali tecnologie (Cina, Singapore, Corea del Sud, Israele). Ciò ha portato successivamente una mobilitazione politica da parte sia delle forze di opposizione (Fdi, FI, Lega) sia di governo (PD) in merito alla necessità di una regolazione con norma primaria e non con decisioni commissariali¹⁷⁷. Ciò ha portato alla prima norma primaria per la regolazione di un sistema di intelligenza artificiale attraverso il DL 20 Aprile 2020 n.28. Nella discussione parlamentare sono emersi preoccupazioni da parte dell'opposizione riguardo: modalità di gestione, tempi, analisi dati, utilizzo e

¹⁷⁵ E. D'ALBERGO, T. FASCIANI, *Istituzioni e crisi Covid-19 in Italia: agende e (de)politicizzazione nella governance dell'intelligenza artificiale*, Rivista Trimestrale di scienza dell'amministrazione 2/2020

¹⁷⁶ <https://www.ilsole24ore.com/art/scelta-nuova-app-tracciamento-contagi-si-chiama-immuni-AD1icnK> consultato il 9/09/2021

¹⁷⁷ E. D'ALBERGO, T. FASCIANI, *Istituzioni e crisi Covid-19 in Italia: agende e (de)politicizzazione nella governance dell'intelligenza artificiale*, Rivista Trimestrale di scienza dell'amministrazione 2/2020

memorizzazione degli stessi, anonimità degli utenti, dipendenza da software Apple e Android e gestione dei dati in piattaforme fisiche presenti in territorio nazionale¹⁷⁸.

Dal punto di vista politologico, l'ampliamento dell'arena decisionale a membri del Parlamento e la conseguente normazione primaria è associabile alla teoria dei flussi multipli di J. Kingdon¹⁷⁹. Nel particolare panorama della crisi sanitaria da Coronavirus si sono incrociati nella "finestra di opportunità" il problem stream, ossia l'estrema contagiosità del virus, la lunga incubazione contagiosa e il grande numero di asintomatici, comunque contagiosi; il policy stream, la possibilità di utilizzare app di contact tracing per avvisare gli utenti di un contatto a rischio e prendere le misure preventive e diagnostiche in tempo celere, elaborata da task force tecnico-scientifiche; e il political stream, la contrapposizione tra forze politiche leggibili nella dimensione Sinistra-Destra: tutela della salute collettiva contro primato della libertà individuale.

Il caso di Immuni può essere un vero e proprio giro di boa per la difficile e nebulosa regolazione o anche solo per l'inquadramento giuridico del tema dell'intelligenza artificiale. Come abbiamo visto precedentemente l'universo tecnologico legato alla sanità è ampio ed estremamente controverso. La commercializzazione di app e dispositivi diagnostici, terapeutici e riabilitativi ha l'estrema necessità di un controllo politico; ciò è ancora più importante nel contesto di un molto probabile ampliamento delle soluzioni AI in sanità e il rischio di una medicina fai-da-te nei prossimi anni. A ciò si unisce la necessità di una regolazione dell'uso dati che va oltre le norme della privacy e dell'utilizzo degli stessi, toccando la sfera della creazione e miglioramento degli algoritmi, della vendita degli stessi, delle possibili discriminazioni, delle predizioni e inferenze errate, della responsabilità per danni civili e penali portati dalla tecnologia, del ruolo dei creatori e degli utenti e della manomissione di dati sensibili per fini terzi. La normazione primaria di una app per la tutela sanitaria è un buon precedente per sperare che nel futuro prossimo ci sia un'armonizzazione nazionale e sovranazionale dei dispositivi e dei software, che

¹⁷⁸ Ibidem

¹⁷⁹ L. BOBBIO, G. POMATTO, S. RAVAZZI, *Le Politiche Pubbliche, problemi soluzioni incertezze conflitti*, Mondadori Università, 2017 pp.69-73

rispettino non solo linee guida di soft-law, ma che siano all'interno di un quadro giuridico certo.

3.2 NORMATIVA SUI DISPOSITIVI MEDICI

L'inadeguatezza della normativa vigente sull'AI si riflette anche nella medicina. In questo settore non è ancora presente una normativa chiara che definisca l'intelligenza artificiale come strumento dotato di autonomia totale o parziale circa la sua capacità di cura, di diagnosi, di riabilitazione o prevenzione, creando una certa confusione riguardo i profili civili e penali sulla responsabilità dell'agente, della macchina e del produttore. Allo stato attuale delle cose robot e sistemi di AI non sono delle parti imputabili e quindi non possono essere giuridicamente responsabili per le proprie azioni ed omissioni¹⁸⁰. Questo collide con le innovazioni osservate precedentemente, dove la macchina è capace, con un ottimo livello di accuratezza, di sostituirsi al medico e di prendere decisioni basate o sulla conoscenza, sulla logica o sulla capacità inferenziale; basta pensare ai sistemi di machine learning per le diagnostica per immagini, ai sistemi CDSS o ai sistemi intelligenti di riabilitazione. È quindi necessario osservare il quadro normativo odierno sui dispositivi medici per rispondere a come sia stato possibile inserire sistemi con tecnologia innovativa in un quadro tendenzialmente obsoleto, per poi comprendere il perché queste nuove tecnologie siano state adottate da strutture private e pubbliche con una certa facilità senza modificare la normativa vigente.

La normativa Europea sui dispositivi medici è definita nel Regolamento UE 2017/745. Nell'articolo 2 definisce dispositivo medico *“qualunque strumento, apparecchio, apparecchiatura, software, impianto, reagente [...] destinato dal fabbricante a essere impiegato sull'uomo”*¹⁸¹. Le destinazioni d'uso sono:

¹⁸⁰ F. LAGIOIA, *Intelligenza Artificiale in Sanità: un'analisi giuridica*, Giappichelli Editore, 2020, p.82

¹⁸¹ REGOLAMENTO (UE) 2017/745 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 5 aprile 2017, art.2(1)

1. Diagnosi, prevenzione, monitoraggio, previsione, prognosi, trattamento o attenuazione di malattie
2. Diagnosi, monitoraggio, trattamento, attenuazione o compensazione di una lesione o di una disabilità
3. Studio, sostituzione o modifica dell'anatomia oppure di un processo o stato fisiologico o patologica
4. Fornire informazioni attraverso l'esame in vitro di campioni provenienti dal corpo umani, inclusi sangue e tessuti donati¹⁸².

È quindi evidente che tutti i sistemi fisici dotati di AI sono facilmente ascrivibili a queste categorie. Dal punto di vista dei software il considerando 19 del suddetto regolamento sancisce che *“il software specificamente destinato dal fabbricante a essere impiegato per una o più delle destinazioni d'uso mediche indicate nella definizione di dispositivo medico si considera un dispositivo medico, mentre il software destinato a finalità generali, anche se utilizzato in un contesto sanitario, o il software per fini associati allo stile di vita e al benessere non è un dispositivo medico¹⁸³”*. È quindi possibile inserire nell'ambito dei dispositivi medici anche i software come IBM Watson, Babylon e tutti quelli che sono riconducibili alle destinazioni d'uso definite dall'articolo 2. Più complessa è la definizione delle app fai-da-te come skinvision o delle possibili app mediche ipotizzabili nel futuro. È quindi necessario interrogarsi se sia possibile che app che il fabbricante definisce mediche possano essere commercializzate ed utilizzate senza la presenza di un medico, o se al contrario tutte le app destinate ad utenti non professionisti debbano essere catalogate come afferenti al campo dello “stile di vita e benessere” nonostante abbiano capacità diagnostiche avanzate.

I dispositivi medici come precedentemente definiti hanno l'obbligo di essere classificati per classi di rischio; ogni classe di rischio segue un diverso iter di approvazione prima di essere messo in commercio e adottato per la pratica clinica. Le classi di rischio sono quattro:

¹⁸² Ibidem

¹⁸³ Ibidem c(19)

Classe I: dispositivi non invasivi e non attivi (ossia non dipendenti da forme energetiche terze);

Classe IIa: dispositivi a medio rischio attivi e non attivi che interagiscono col corpo in maniera non pericolosa;

Classe IIb: dispositivi a rischio medio/alto attivi e non attivi, interagiscono in maniera pericolosa;

Classe III: ad alto rischio, impiantabili, che interagiscono sul funzionamento di organi vitali¹⁸⁴.

Le classi di rischio si basano sulla possibilità che i pazienti durante l'utilizzo del dispositivo subiscano danni irreversibili e permanenti. Questa definizione è però obsoleta rispetto alle nuove tecnologie intelligenti: un sistema di supporto diagnostico non ha alcuna interazione fisica con il paziente e il rischio ad esso associato è legato all'esito clinico delle raccomandazioni e delle decisioni che prende. Per poter iscrivere le tecnologie AI nelle classi di rischio sarebbe necessario valutare il fattore "trasparenza del dispositivo", "impatto sui sistemi decisionali" ed il "livello di automazione". Un'automazione maggiore determina più rischi per la pratica medica, in quanto determina un minor controllo dei medici sul processo clinico e sulla prevedibilità umana dello stesso¹⁸⁵.

Quindi con una normativa legata a vecchie tecnologie è stato possibile con relativa semplicità, per produttori e strutture sanitarie/medici, adottare strumentazioni assolutamente innovative che vanno ad incidere in maniera completamente diversa sul processo clinico del paziente.

3.3 IL PROBLEMA DEL FINANZIAMENTO

¹⁸⁴ F. LAGIOIA, *Intelligenza Artificiale in Sanità: un'analisi giuridica*, Giappichelli Editore, 2020, p.88

¹⁸⁵ *Ibidem* p90.

È necessario, dopo un breve excursus sui vari “modelli” di intelligenza artificiali, sulle possibili modalità di utilizzo nei vari settori della medicina e sullo stato dell’arte in termini di programmazione, comprendere quanto questi strumenti rivoluzionari possano portare beneficio, sia nel lungo che nel medio periodo, nella sanità pubblica italiana. Per fare ciò è però necessario preventivamente analizzare quali siano le problematiche che affliggono il nostro Servizio Sanitario Nazionale per poi andare a scandagliare come l’AI, già allo stato dell’arte attuale ma ancora di più con le innovazioni che verranno in futuro, possa porre una possibile soluzione.

Una delle problematiche fondamentali è l’incessante processo di tagli alla spesa destinati alla sanità. Queste non sono policies contingenti dovute ai necessari e dolorosi vincoli portati dalle misure di austerità post crisi finanziaria del 2008, bensì fanno parte di un *modus operandi* databile a quasi trent’anni prima, che la crisi ha solo velocizzato¹⁸⁶. La tutela alla salute come diritto pretensivo e immediatamente azionabile, sancito da più sentenze della Corte Costituzionale¹⁸⁷ ha visto un necessario ridimensionamento con la sentenza CC n. 455/1990 il quale ribadendo il diritto di ogni individuo all’ottenimento delle prestazioni sanitarie ha anche affermato la necessità del bilanciamento con altri interessi costituzionalmente protetti “*tenuto conto dei limiti oggettivi che lo stesso legislatore incontra nella sua opera di attuazione in relazione alle risorse organizzative e finanziarie di cui dispone al momento*”¹⁸⁸. La grande crisi finanziaria del 2008 ha posto l’Italia in una fragilissima condizione economica, con un debito molto elevato e con necessari tagli alla spesa corrente. Ciò ha avuto ripercussioni in tutti i settori di welfare e quindi anche nella sanità. Osservando i dati riguardo la spesa pubblica nel decennio precedente (1997-2007) è possibile constatare come la crescita media si assestasse al 6,2% annuo, da 51,6 a 101,9 miliardi. Nel decennio della crisi (2008-2018) il livello di crescita medio scende

¹⁸⁶ F. TOTH, R. LIZZI, *Le trasformazioni silenziose delle politiche sanitarie in Italia e l’effetto catalizzatore della grande crisi finanziaria*, Il Mulino, 2019

¹⁸⁷ CC nn. 992/1988; 103/1977; 88/1979; 184/1986; 559/1987; 192/1988; 1011/1988; 298/1990; 184/1996

¹⁸⁸ CC n. 445/1990 consultata online <https://www.giurcost.org/decisioni/1990/0455s-90.html> in data 23/08/2021

allo 0,6%, da 108,5 a 114,9 miliardi¹⁸⁹. Nonostante con un primo sguardo possa sembrare errato parlare di definanziamento e taglio alla spesa, è necessario ricordare che la sanità pubblica è affetta dalla cosiddetta “malattia dei costi” o “morbo di Baumol”. Questa definizione coniata dall’economista William Baumol sta ad indicare come nei settori caratterizzati da produttività stagnante (ossia dove un miglioramento tecnologico non porta a un output superiore) per tenere i livelli di prestazione costante è necessario, a parità di output, aumentare il finanziamento per coprire almeno l’aumento salariale¹⁹⁰. L’aumento del finanziamento decennale allo 0,6% non è stato in grado di coprire nemmeno l’inflazione, cresciuta nello stesso periodo dell’1,2%¹⁹¹. Questo definanziamento, nonostante fosse necessario per sanare le casse dello Stato, ha portato a trasformazioni “silenziose¹⁹²” che stanno minando i principi ispiratori dell’SSN sanciti dalla legge 833/1978, ossia universalità della copertura, uguaglianza di trattamento ed equità¹⁹³. Il primo macro-indicatore per confermare l’erosione dei principi fondamentali della sanità pubblica è la crescita costante degli individui che si rivolgono alla sanità privata: nel periodo della crisi finanziaria, mentre la sanità pubblica vedeva un finanziamento insufficiente a mantenere costante l’output, la sanità privata ha mantenuto una crescita pressoché costante (2,7% nel decennio 1997-2007, 2,6% nel decennio 2008-2018). Questo sta a significare che a causa delle restrizioni alla spesa pubblica dovute alle politiche di spending review i cittadini hanno dovuto rivolgersi al settore privato per curarsi. A prova di ciò, la componente pubblica è passata dal 78% al 74% nel giro di un decennio, mentre quella privata è passata dal 22% al 26% della spesa complessiva in sanità¹⁹⁴.

¹⁸⁹ F. TOTH, R. LIZZI, *Le trasformazioni silenziose delle politiche sanitarie in Italia e l’effetto catalizzatore della grande crisi finanziaria*, Il Mulino, 2019

¹⁹⁰ <https://alterthink.it/la-malattia-dei-costi-di-baumol-tra-tagli-e-de-finanziamenti-al-ssn/>
consultato il 23/08/2021

¹⁹¹ Ibidem

¹⁹² 08/2021

¹⁹³ F. TOTH, R. LIZZI, *Le trasformazioni silenziose delle politiche sanitarie in Italia e l’effetto catalizzatore della grande crisi finanziaria*, Il Mulino, 2019

¹⁹⁴ C. CIARDO, *il servizio sanitario nazionale alla prova dell’emergenza COVID-19: il rischio di una sanità diseguale*

¹⁹⁴ F. TOTH, R. LIZZI, *Le trasformazioni silenziose delle politiche sanitarie in Italia e l’effetto catalizzatore della grande crisi finanziaria*, Il Mulino, 2019

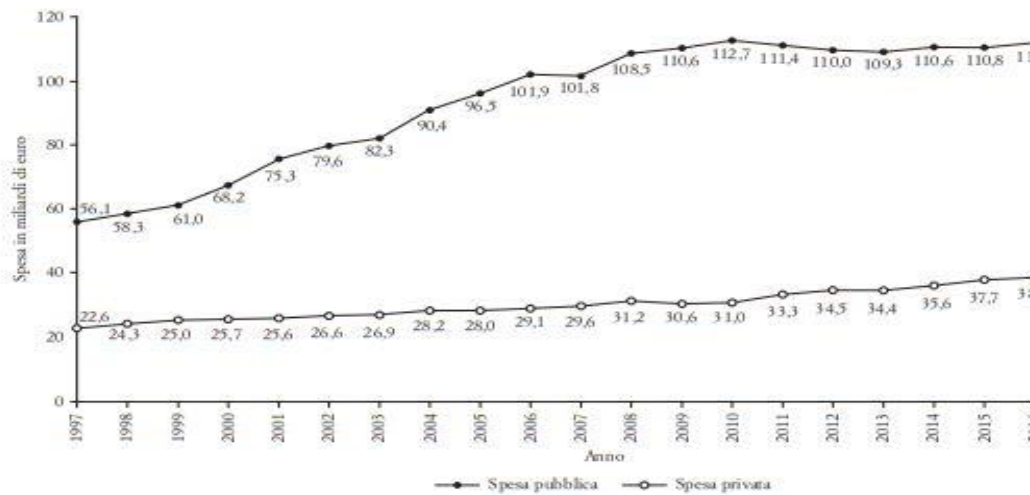


Figura 5 Variazione in Miliardi di euro della spesa pubblica e privata in sanità (1997-2018) In F. Toth, R. Lizzi, *Le trasformazioni silenziose delle politiche sanitarie in Italia e l'effetto catalizzatore della grande crisi finanziaria*, Il Mulino, 2019

Un servizio pubblico non finanziato a sufficienza porta a numerose inefficienze come:

1. Esaurimento anticipato del budget erogabile a fornitori privati accreditati con conseguenziale blocco dell'erogazione di servizi;
2. Rallentamento dell'erogazione dei servizi e allungamento delle liste di attesa;
3. Aumento dei costi dei ticket spesso ad un prezzo superiore al costo nel mercato privato¹⁹⁵.

Ciò porta ad una inesorabile “emorragia” di pazienti verso il mercato privato. Nel nostro paese la grande maggioranza della spesa sanitaria privata (90%) è utilizzata per le prestazioni “out of pocket”, ossia prestazioni non previste dai LEA (chirurgia estetica, cure odontoiatriche) oppure per cure previste dall'SSN, ma per le quali i pazienti preferiscono pagare.

Privatizzare un bene come la salute è economicamente legittimo (è un bene sia escludibile che rivale) ma va ad erodere il principio dell'uguaglianza di trattamento, sancito prima dalla Costituzione, articolo 32 e poi dalla legge istitutrice del SSN n. 833/1978 ed a creare vere e proprie disuguaglianze di salute. Secondo una indagine ISTAT del 2015 al quesito: “negli ultimi 12 mesi, ci sono stati momenti o periodi

¹⁹⁵ C. CIARDO, *il servizio sanitario nazionale alla prova dell'emergenza COVID-19: il rischio di una sanità diseguale*

in cui non aveva i soldi per pagare le spese per malattie?”, il 10,5% ha risposto affermativamente¹⁹⁶.

3.4 L'INVECCHIAMENTO DELLA POPOLAZIONE E NUOVI BISOGNI

Un gravoso problema per il SSN, già presente ai giorni nostri ma che sarà di fondamentale importanza in futuro è quello di garantire alla popolazione anziana, notoriamente “costosa” dal punto di vista delle cure necessarie, una assistenza sanitaria efficiente ed efficace. Come ben si sa, la popolazione italiana è molto longeva. Secondo un’indagine OECD del 2017, nonostante una spiccata differenza tra regioni e status socioeconomico la speranza di vita alla nascita in Italia è seconda in Europa, dietro solo alla Spagna, con 83,1 anni.¹⁹⁷ Secondo altri studi questa tendenza resterà costante negli anni, fino a raggiungere nel 2060 la soglia dei 84,6 anni per gli uomini e 89,1 anni per le donne¹⁹⁸. Questi cambiamenti demografici porteranno a notevoli conseguenze alle finanze nazionali. Una popolazione più anziana, senza un adeguato numero di nuovi nati, porta negli anni ad avere un sistema economico più povero, ossia con meno forza lavoro e ad un aumento delle spese pubbliche, sia nella previdenza che nell’assistenza, sanitaria e sociale; è quindi necessario porsi questioni su come organizzare il SSN nel futuro, tenendo presente minori risorse economiche e più individui da curare. Nonostante gli italiani siano tra le popolazioni più longeve non lo sono per speranza di vita in buona salute: è infatti stimato che la speranza di vivere in buona salute per un sessantacinquenne siano solo di 13,7 anni per un uomo e di 14,7 anni per una donna, molto al di sotto della media europea e di stati con simile andamento demografico (nel Regno Unito la speranza di vita in buona salute per un uomo è di 16,1 anni e per una donna in Francia di 19,3 anni¹⁹⁹). Dal punto di vista sanitario, una popolazione anziana è colpita da un maggior numero di malattie croniche e degenerative le quali portano ad una maggiore domanda di servizi sanitari: sempre secondo il rapporto OECD il

¹⁹⁶ http://www.sossanita.it/doc/2017_07_quanti-italiani-rinunciani-cure.pdf consultato online il 28/08/2021

¹⁹⁷ RAPPORTO OECD, *State of Health in the EU, ITALIA, profilo della sanità 2019*

¹⁹⁸ V. ATELLA, J.KOPINESKA, *Invecchiamento e politiche sanitarie: la sfida per un sistema sostenibile*, Giornale Italiano di Farmacoconomia e Farmacoutilizzazione, 2014.

¹⁹⁹ ISTAT, *Anziani, le condizioni di salute in Italia ed in Unione Europea, 2017*.

32% degli ultrasessantacinquenni ha dichiarato di soffrire di almeno una malattia cronica, il 17% dichiara di soffrire almeno di due di esse e il 18% ha forti limitazioni della vita quotidiana a causa di motivi di salute²⁰⁰. Ciò porta ad un maggiore domanda di cure che si ripercuotono sul SSN: un settantenne per i soli acuti, quindi escludendo le cure primarie, la prevenzione e la long-term care, utilizza il 170% della media pro-capite per le spese sanitarie, mentre un'ottantenne ne costa il 240%. Focalizzandoci sulle cure primarie, un ultrasessantacinquenne richiede al proprio medico ben 14 visite l'anno, in contrapposizione alle appena tre di un ventenne²⁰¹. Le principali cause di morte, visto l'invecchiamento della popolazione, sono legate a malattie cronicodegenerative, come quelle cardiovascolari, i tumori, il diabete e le demenze.

La cura di suddette malattie, non curabili efficacemente con il trattamento ospedaliero, hanno un impatto considerevole per il sistema sanitario. È stato stimato nel report dell'Osservatorio Nazionale sulla Salute nelle Regioni Italiane, che le

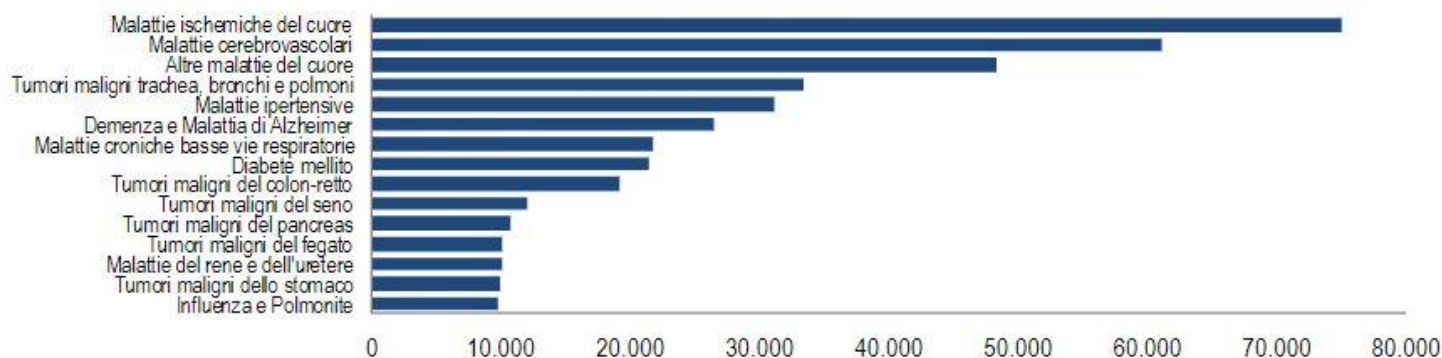


Figura 6 Cause di morte in Italia, anno 2012, Indagine ISTAT

malattie croniche (che colpiscono in maggior numero la popolazione anziana, ma colpiscono anche altre fasce d'età) costano allo Stato 67 miliardi di euro all'anno "l'elevata cronicità [...] è un tratto distintivo dei Paesi a sviluppo economico avanzato ed è allo stesso tempo un elemento di criticità per i sistemi sanitari. La sostenibilità della spesa sanitaria ed equità le sfide che il Servizio Sanitario Nazionale (SSN) deve affrontare al più presto"²⁰². La previsione per gli anni a venire, vista l'elevata speranza di vita e le malattie ad essa connessa, non è delle migliori; a ciò si deve aggiungere il prossimo l'invecchiamento della generazione

²⁰⁰ RAPPORTO OECD, *State of Health in the EU, ITALIA, profilo della sanità 2019*

²⁰¹ F. TOTH, *La sanità in Italia*, Il Mulino, 2014 p.61

²⁰² *Report dell'Osservatorio Nazionale sulla Salute nelle Regioni Italiane, 2019*

dei cosiddetti “baby boomers” ossia dei nati tra il 1961 e il 1976, i quali rappresentano circa il 25% del totale degli Italiani²⁰³ e sicuramente andranno ad appesantire una sanità economicamente e clinicamente in affanno. Essa è già alle prese con 24 milioni di malati cronici e 14 milioni di multicronici²⁰⁴ e si stima che nel prossimo decennio usufruiranno delle cure un milione di pazienti in più, richiedendo un budget per le sole cronicità di 71 miliardi²⁰⁵.

3.5 MEDICAL MALPRACTICE E MEDICINA DIFENSIVA

Nello scenario economico della sanità pubblica, già ampiamente defanziata a causa della necessità di mantenere un quadro macroeconomico sostenibile e che deve affrontare la sfida di trovare nuovi metodi organizzativi e clinici atti a rispondere a nuove domande da parte di una popolazione sempre più anziana, si aggiunge il sempre più esteso fenomeno della “clinical malpractice” e, come risposta nel breve periodo, la pratica della medicina difensiva, che rende l’SSN meno efficiente nel suo compito principale, ossia la cura degli degenti, facendo lievitare inutilmente i costi. Per medical malpractice si intendono “*ogni forma di cattiva condotta da parte del professionista sanitario che, per scarsa abilità o negligenza, arrechi danno a un proprio paziente*”²⁰⁶. Quella della medical malpractice è un fenomeno purtroppo correlato alla pratica medica, per sua natura incerta e non esente da rischi e purtroppo negligenze da parte degli operatori. Quello che preoccupa però il SSN è il fortissimo incremento delle denunce, sia penali che civili che ogni giorno le strutture e i professionisti ricevono per vera o presunta *malasanità*. È stato rilevato che negli ultimi venti anni i casi di denunce siano più che triplicati²⁰⁷. Secondo una indagine dell’agenzia MedMall con un campione relativamente piccolo (66 ASL e AO), la media delle denunce sia di 35 all’anno, quindi una ogni 10 giorni per struttura pubblica²⁰⁸. Per quanto riguarda le tipologie

²⁰³ <https://www.ilsole24ore.com/art/un-paese-che-invecchia-velocemente-sotto-spinta-baby-boomers-AESrSEiE> consultato il 30/08/2021

²⁰⁴ Report dell’Osservatorio Nazionale sulla Salute nelle Regioni Italiane, 2019

²⁰⁵ Ibidem

²⁰⁶ F. TOTH, *La sanità in Italia*, Il Mulino, 2014 p.60

²⁰⁷ Ibidem

²⁰⁸ MARSH, Report Madmall, *Studio sull’andamento del rischio da medical malpractice nella sanità pubblica e privata*, 2020

di eventi denunciati, più della metà si racchiude negli errori chirurgici (38,4%), diagnostici (20,7%) e terapeutici (10,8%).

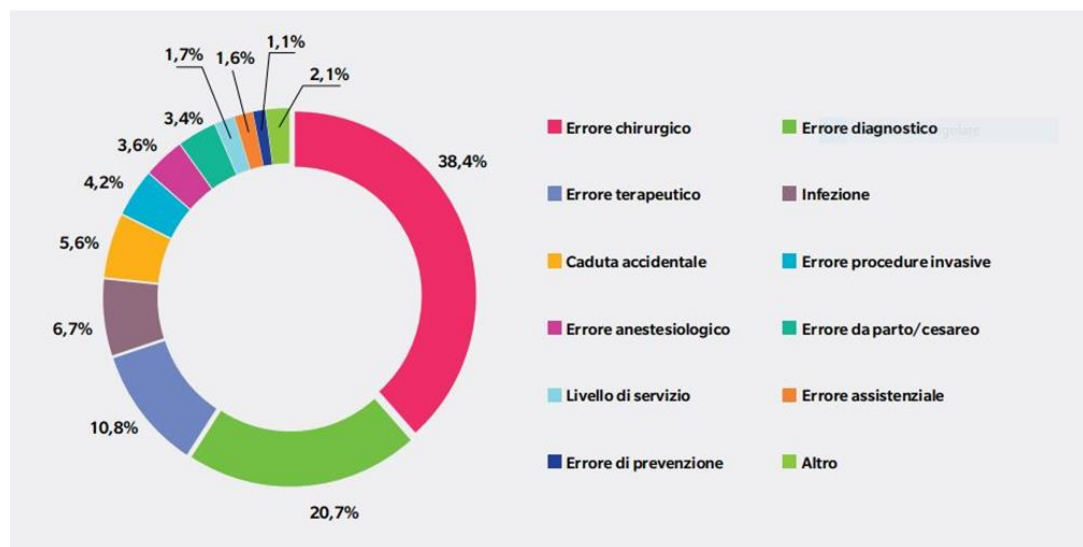


Figura 7 Eventi denunciati per medical malpractice per tipologia di evento, Report Madmall, 2020

Focalizzandoci sulle unità operative il 20,28% dei casi è legato all'ortopedia e traumatologia, il 12,95% alla chirurgia generale, il 12,57% alla DEA e pronto soccorso, mentre la ginecologia e ostetricia presenta la frequenza del 10,91% dei casi segnalati²⁰⁹. Nonostante una relativa diminuzione del trend nell'ultimo decennio (erano 41 denunce per struttura nel 2013), quella della malasana è un problema che affligge la sanità italiana, sia dal lato dei pazienti che ricevono un servizio inefficiente, peggiorativo o inutilmente lungo, sia da quello degli operatori sanitari, sia dal punto di vista dei cittadini finanziatori che sono costretti a vedere utilizzate ingenti risorse economiche utilizzabili per potenziare l'attività clinica. L'analisi MARSH ha analizzato il costo economico annuale dei risarcimenti per sinistri dovuti alla malasana nelle 66 strutture pubbliche soggette alla ricerca; è emerso che il costo economico annuale è pari a 3.402.805,70€²¹⁰, con un aumento dei costi del 4% nel periodo 2011-2018. È aumentato anche l'importo medio, salito a oltre 96 mila € e l'importo liquidato, ossia quanto annualmente la struttura sanitaria versa al paziente, terzo o accompagnatore. Nel 2018 ben 81.505,44 € sono

²⁰⁹ Ibidem

²¹⁰ Ibidem

stati versati mediamente per danneggiato.



Figura 8 Importo liquidato medio per tipologia di evento denunciato, anno 2018, Report Madmall 2020

Osservando questi dati è possibile osservare che le pratiche più a rischio malpractice, ossia diagnosi, chirurgia e terapia hanno una spesa liquidata relativamente contenuta rispetto ad eventi fortunatamente meno frequenti come gli errori di parto (3,4%). Dopo una analisi delle pratiche sbagliate e dei costi ad esse associate è necessario focalizzarci sul rovescio della medaglia, ossia come i medici e tutti i professionisti sanitari hanno risposto al rischio di medical malpractice. Risulterebbe logico pensare che di fronte ad un problema di tale entità clinica ed economica ci debba essere una maggiore responsabilizzazione da parte dei soggetti somministratori di cure; nella realtà purtroppo accade l'effetto opposto, ossia è in crescita la medicina positiva: *“questa perversa deriva culturale e sociale minaccia ed erode il rapporto fiduciario medico-paziente disorientando i professionisti che sono, in tal modo, indotti a vedere nel paziente non solo una persona da assistere quanto piuttosto un soggetto potenzialmente ostile da cui difendersi”*²¹¹. Per medicina difensiva positiva si intende la pratica medica dedicata ad una spesa sanitaria non legata a finalità terapeutiche ma alla riduzione del rischio di contenziosi legali. I professionisti, intimoriti dalla tendenza crescente per denunce di malpractice, scaricano la loro responsabilità al Servizio Sanitario Nazionale,

²¹¹ lettera inviata dal presidente nazionale della Fnomceo, Amedeo Bianco, al ministro della salute in data 30 agosto 2012, presente in F. TOTH, *la sanità in Italia*, il mulino, 2020, p.62

somministrando esami, trattamenti, farmaci o visite ad altri specialisti pur non ritenendolo necessario. Questa spiacevole tendenza è molto onerosa per le casse nazionali, con un costo che si aggira a 10 miliardi di euro l'anno, quasi un decimo del Fondo Nazionale stabilito annualmente per la sanità pubblica e pari allo 0.75% del PIL²¹². Un altro fenomeno è la medicina difensiva negativa, ossia escludere unilateralmente pazienti a rischio da cure necessarie, al di là delle normali regole di prudenza, per non incorrere in contenziosi futuri per malpractice. Ciò può portare ad una vera e propria discriminazione del paziente bisognoso, soprattutto in trattamenti delicati ma ad alto rischio di malpractice come ostetricia e la neurochirurgia.²¹³ Suddetta pratica per quanto spiacevole, ingiusta ed iniqua è meno studiata vista la difficoltà di ricerca e di quantificazione economica. Secondo uno studio del Ministero della Sanità, si tratterebbe di un comportamento molto comune per la classe medica; risulta che dal campione intervistato che il 77,9% di esso abbia tenuto almeno un comportamento di medicina difensiva nell'ultimo mese di lavoro, il 68,9% ha disposto il ricovero di pazienti che riteneva gestibili ambulatorialmente mentre io 61,3% ha prescritto un numero di esami maggiore rispetto a quello ritenuto necessario per effettuare la diagnosi, oltre il 24% ha prescritto trattamenti non necessari, 51,5% ha prescritto farmaci e il 14% ha evitato procedure rischiose²¹⁴. Purtroppo queste percentuali si incrementano nella fascia di età più giovane di medici, quella 32-42, simbolo di una persistenza ed aumento del fenomeno negli anni a venire. Stretti tra il rischio di contenzioni legali e il continuo definanziamento e obsolescenza delle strutture, la medicina difensiva è il simbolo dell'inefficienza dell'odierno modo di concepire la sanità. Una possibile soluzione ipotizzabile nel futuro con l'utilizzo dell'intelligenza artificiale è quella di una maggiore sicurezza dell'attività medica grazie al supporto di macchine intelligenti capaci di indicare il percorso terapeutico migliore, diagnosticare patologie in anticipo ed addirittura monitorare lo stile di vita di pazienti e cittadini, per una prevenzione che inizi dalla vita di tutti i giorni, senza utilizzare necessariamente il

²¹² Rapporto Ministero della Salute sulla Medicina Difensiva, consultato online http://www.quotidianosanita.it/governo-e-parlamento/articolo.php?articolo_id=26843 il 29/08/2021

²¹³ U. GENOVESE, *Effetti della medicina difensiva sulla pratica medica e sul processo di cura*, *Medicinae Doctor*, 2012

²¹⁴ *Ibidem*

servizio sanitario all'insorgenza di patologie o acuti evitabili con una buona prevenzione.

3.6 L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE SALVERÀ LA SANITÀ PUBBLICA?

La sanità pubblica italiana è un progetto tanto ambizioso quanto di difficile esecuzione. Nella legge istitutiva del SSN (n.833/1978) sono elencati i principi fondamentali:

1. Universalità della copertura;
2. Uguaglianza di trattamento dei cittadini;
3. Globalità delle prestazioni erogate;
4. Controllo democratico da parte dei cittadini;
5. Unicità di gestione e la proprietà prevalentemente pubblica dei fattori di produzione.

Questi principi sono purtroppo molto spesso rimasti lettera morta o implementati solamente in maniera parziale; quello che accade più spesso è quello di trovarsi di fronte ad un servizio spesso disunito, estremamente diversificato in termini di cura e poco coordinato; questo potrebbe essere definito un problema endogeno, in quanto è dovuto all'architettura del sistema, che comprende 21 “servizi regionali” suddivisi in centinaia di aziende di diritto privato molto autonome. I problemi esogeni invece sono rintracciabili nel panorama in cui si muovono aziende ed operatori: un finanziamento non sufficiente, una domanda di salute sempre maggiore e rischi legali dovuti allo svolgimento della professione medica minano la stabilità e l'efficienza del servizio per come lo conosciamo.

Una possibile soluzione, sia ai problemi endogeni e quelli esogeni è rintracciabile nell'adozione e nell'implementazione dell'intelligenza artificiale nelle strutture sanitarie. Come è necessario ricordare l'AI ha numerosissime applicazioni, sia puntuali, ossia sistemi fisici inseribili in un iter già consolidato, sia di fattori abilitanti

a nuove prestazioni e nuovi modi di erogare il servizio²¹⁵. Il fattore sostanziale su cui si basa l'AI è l'utilizzo del dato; l'accumulazione di dati certi e oggettivi, ottenuti sia da strumentazioni ospedaliere che da devices commerciali presentano una serie di elementi favorevoli che possono velocizzare, economizzare, rendere oggettiva e sempre aggiornata l'attività medica; tutto ciò porta ad un output superiore, ossia i pazienti in buona salute e a costi inferiori.

Per arginare il problema del definanziamento continuo del servizio che causa numerose inefficienze, primi fra tutti la riduzione dei posti letto negli ospedali, è necessario ricordare che l'economista Baumol definì la sanità un settore non progressivo, ossia impossibilitato ad un aumento sostanziale dell'output con l'introduzione di nuove tecnologie a causa della impossibile sostituzione dell'attività medica con quella tecnologica²¹⁶. L'AI, a differenza delle tecnologie a cui si riferiva l'economista è definita "disruptive" ossia *"l'effetto di una nuova tecnologia, o di un nuovo modo di operare su un modello di business che porta a modificare completamente la logica fino a quel momento presente nel mercato"*²¹⁷. La logica disruptive dell'AI in sanità è proprio la nuova concezioni di macchine, indipendenti ed autonome dall'agire umano e quindi capaci di aumentare l'output desiderato senza un aumento salariale. Inoltre la creazione di un mercato competitivo di strumentazioni AI porterebbe al continuo miglioramento tecnico ed a un sempre minor costo per le forniture. Come enunciato nel precedente capitolo, la diagnosi per immagini è un settore molto florido nel campo dell'intelligenza artificiale, con la capacità di rintracciare un'anomalia in 20 secondi (contro i 15 minuti dei radiografi) con un tasso di precisione comparabile, ossia il 95%. L'implementazione di questa tecnologia, senza rilegare il medico ad un ruolo di "controllore" porterebbe ad un enorme aumento del numero di diagnosi giornaliere, con un risparmio per servizio e cittadini molto considerevole. Dal punto di vista del trattamento, tecnologie basate sui sistemi esperti fornirebbero consigli terapeutici sempre aggiornati dall'enorme letteratura in materia, riducendo i costi di tempo nello studio di un trattamento da

²¹⁵ H. CERGIAS-BOCCONI, Rapporto OASI 2019 Osservatorio sulle Aziende e sul Sistema Sanitario Italiano, 2020 Hoepli Editore, 2018

²¹⁶ [LA "MALATTIA DEI COSTI" DI BAUMOL TRA TAGLIE DE-FINANZIAMENTI AL SSN % - AlterThink](#)

²¹⁷ <https://www.ilsole24ore.com/art/la-disruption-e-moda-ma-spesso-viene-confusa-l-accelerazione-tecnologica-AClycWT>

parte dei medici e una cura celere per il paziente, evitando quindi la sottoposizione a terapie tardive o poco informate, con i risparmi dovuti all'evitare costose cure intensive nel tentativo di arginare il problema. La diagnosi e il supporto alla decisione medica, coadiuvati con dati sicuri ed oggettivi ed una letteratura sul caso aggiornata e basata sulla EBM (Evidenced Based Medicine) renderebbero il medico più certo del suo operare, con una riduzione sia delle medical malpractice, sia della consequenziale medicina difensiva, spesso dovuta alla mancanza di evidenze mediche e informazioni certe, che portano quindi il medico a prevenire possibili imputazioni giudiziarie scaricando la sua responsabilità al sistema farmaceutico (sovrassomministrazione farmacologica) oppure ad altri professionisti (diagnosi aggiuntive, ricorso al pronto soccorso, medicina difensiva negativa). L'AI quindi sosterebbe attivamente il medico senza eliminare il suo scopo, anzi, lo responsabilizzerebbe fornendoli mezzi ed evidenze a cui ora deve fare necessariamente a meno, rendendo la professione meno legata alla logica contorta di "autodifesa". Ciò porterebbe a minori rischi economici sia per i professionisti che alle strutture sanitarie: se ogni struttura ha a propria disposizione mezzi precisi di diagnosi e aggiornamenti continui nei possibili trattamenti, si ridurrebbero gli esorbitanti costi dovuti ad assicurare personale e struttura dalle tante cause giudiziarie dovute ai disservizi che offre.

Grazie all'utilizzo della robotica e dei devices intelligenti la riduzione dei posti letto negli ospedali (portata a 3,7 posti per 1000 dalla spending review del 2012²¹⁸) non avrebbe più i contorni di una dolorosa politica di definanziamento del servizio, bensì un'opportunità. Strumenti di riabilitazione, assistenza, supporto psicologico e cognitivo, insieme al monitoraggio degli ambienti (smart house) e dei parametri vitali con dispositivi mobili poco invasivi renderebbero gli ospedali i luoghi adibiti ai soli acuti, implementando l'expertise in merito e sposterebbero i ricoveri per non acuti nelle case dei pazienti. Il domicilio, implementato dall'AI avrà una funzione attiva nella riabilitazione e nell'assistenza del paziente, il quale invierebbe i propri valori biologici a esperti e altri strumenti in grado di accertarsi in tempo reale della sua salute, riuscendo anche a prevenire, con un monitoraggio 24/7 i possibili acuti che possono manifestarsi. Ciò renderebbe obsoleto recarsi in loco per gli esami

²¹⁸ F. TOTH, *La sanità in Italia*, Il Mulino, 2014 p.65

periodici, con un risparmio di tempo e fatica per il paziente e migliorerebbero la sua qualità della vita, rendendolo più indipendente nelle funzioni quotidiane nonostante sia sempre controllato da parte del personale medico e dei suoi famigliari a distanza.

Per quanto riguarda l'invecchiamento ed i nuovi bisogni derivanti da una popolazione più anziana e pluripatologica, un ruolo fondamentale lo avranno i devices indossabili con lo scopo di prevenzione. Con il monitoraggio dei parametri vitali si possono intraprendere da subito terapie oppure cambiare lo stile di vita in modo più salutare. Ciò potrebbe portare la popolazione a intraprendere uno stile di vita più sano e consapevole ed essere parte attiva del proprio stato di salute, attraverso il "quantified-self".

Per finire quindi L'AI implementata nel nostro SSN porterebbe dei benefici in termini economici e di trattamento, che la renderebbero più idonea ad affrontare le sfide per il futuro. Purtroppo non c'è ancora una quantificazione certa in termini di possibili risorse risparmiate e di qualità delle prestazioni fornite ed è necessario che prima avvenga una normazione ed implementazione del fenomeno.

CAPITOLO 4 PROBLEMATICHE

4.1 IL RAPPORTO MEDICO PAZIENTE

La ricerca sull'AI in sanità non può prescindere dall'analisi degli elementi potenzialmente negativi che possono avvenire all'interno del sistema salute. Uno dei più dibattuti e controversi è il ruolo che i medici avranno nell'utilizzo di questi nuovi strumenti e della possibile sudditanza tecnologica che può verificarsi, dell'inedito nuovo rapporto con i pazienti e della deprofessionalizzazione dovuta all'implementarsi dell'autodiagnosi e dell'autocura. Un caso di studio paradigmatico sui possibili scenari negativi è quello che già avviene nel Regno Unito, nei quartieri Hammersmith e Fullham, dove il NHS ha stilato una collaborazione con l'app di medicina generale Babylon. Come detto precedentemente il sistema si fonda su visite in regime di telemedicina insieme al supporto dell'AI per coadiuvare il medico nella decisione diagnostica e di cura. Il sistema in realtà è molto più pervasivo e ripone il medico in una posizione di estrema sudditanza.

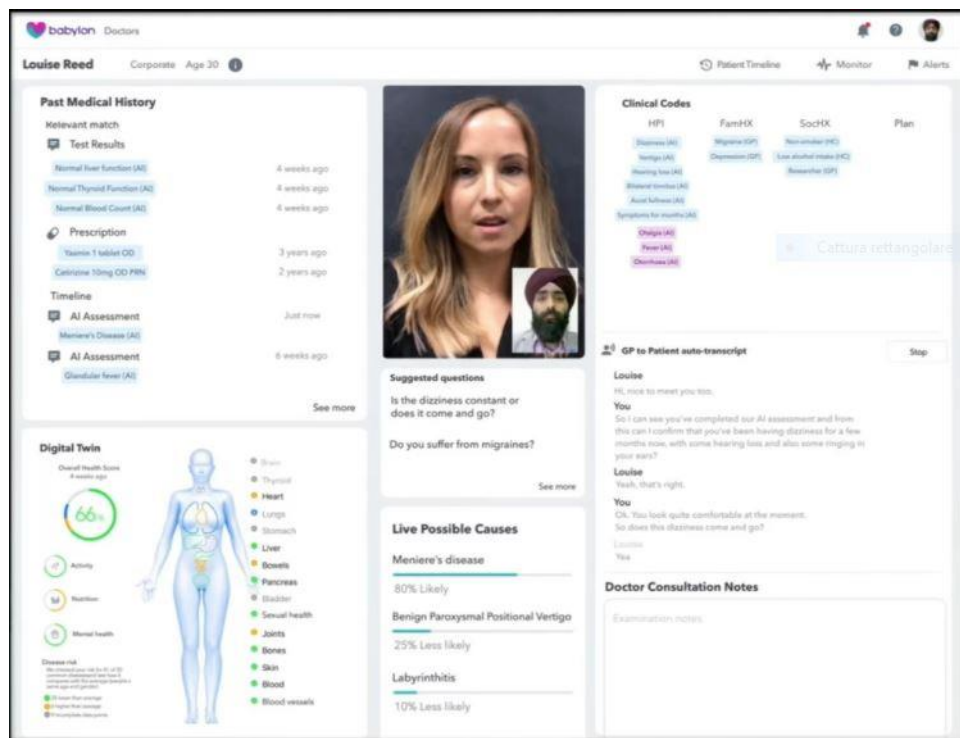


Figura 9 screenshot del video promozionale BabylonHealth

L'immagine di cui sopra viene dal video promozionale dell'App Babylon Health²¹⁹ e illustra, dal punto di vista del medico, come avviene la visita in regime di telemedicina. È possibile notare che l'app, attraverso l'utilizzo dell'AI abbia disponibili dati sensibili della paziente, come la storia medica, i sintomi che presenta (precedentemente annotati dal chatbot introduttivo alla visita) i dati clinici famigliari e le determinanti sociali di salute. Questi dati sono di indispensabile importanza e rendono sicuramente il lavoro del medico più preciso ed informato. Il ruolo del medico viene invece prevaricato nella casella "suggested questions", dove l'app, capace di comprendere il linguaggio naturale, trascrive il dialogo tra paziente e medico e "consiglia" a quest'ultimo le domande da porre. Con il proseguimento della visita guidata l'app fornisce al medico, nella casella "live possible causes" le possibili patologie, aggiornandole in tempo reale a seconda delle risposte che la paziente porge al medico. Quando una delle possibili patologie ha una probabilità molto elevata, Babylon consiglia al medico il trattamento da prescrivere. Inoltre l'AI è in grado di percepire il tono della voce e le espressioni del viso del paziente e da ciò suggerisce al medico anche come comportarsi, ossia il tono della voce che deve utilizzare, le parole di conforto da dire e le espressioni facciali che deve mostrare.

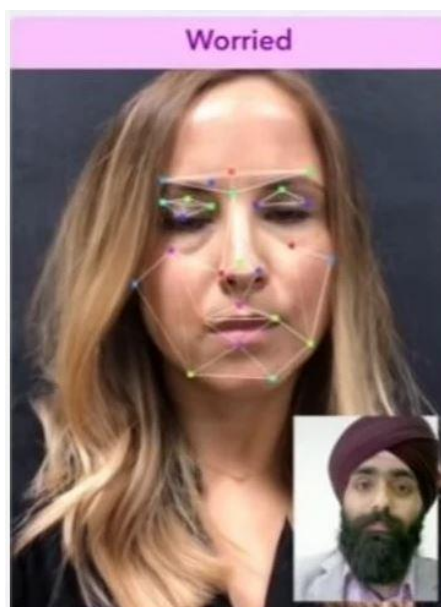


Figura 10 il sistema AI percepisce la preoccupazione della paziente

²¹⁹ Babylon NHS AI DEMO <https://www.youtube.com/watch?v=mbiAp7P8thI> consultato il 13/09/2021

Questo semplice esempio mostra quanto la tecnologia possa erodere il ruolo del medico ed il suo sapere esoterico, relegandolo a ruolo di mero strumento in mano all'AI.

Il fenomeno della deprofessionalizzazione può non solo abbattersi sulla professione medica, ma può anche essere, volontariamente o involontariamente, foraggiata da essa. Sono sempre più rintracciabili fenomeni di comportamenti medici avversi alla loro professione dovuti all'implementarsi dell'intelligenza artificiale:

4. Black boxing: incapacità di esplicitare e comprendere il modus operandi degli algoritmi decisionali utilizzati nella pratica medica ma non metterli in dubbio a causa del loro valore “oracolare”;
5. Over-reliance: ingiustificato ed eccessivo affidamento alle pratiche mediche dotate di AI, prescindendo dall'incertezza e dalla variabilità del contesto;
6. Overdependence: sovraffidamento alle pratiche AI;
7. Deskilling; riduzione delle competenze mediche a causa dell'automatizzazione delle stesse;
8. Context-undervaluation: elevata importanza al dato certo ed esprimibile numericamente rispetto al contesto clinico non quantificabile;
9. Sclerosi epistemica: minore sensibilità, non autonomia o incapacità acquisita da parte del medico nel riconoscere pattern dopo l'utilizzo di sistemi AI nello stesso ambito²²⁰.

La digitalizzazione della pratica medica, la sua fruibilità fai-da-te attraverso dispositivi mobili di largo consumo, l'utilizzo di internet come mezzo oracolare e soprattutto la possibilità di sostituzione del medico nella sfera delle cure da parte dell'AI modifica anche il ruolo del paziente, che non si vede più come “soggetto passivo” al sapere del medico, ma come parte “*critica, disincantata e persino in opposizione verso il paradigma biomedico, mossa da una esasperata ricerca di un diritto assoluto alla salute perfetta*”²²¹. Un ambito dove emerge chiaramente questa nuova concezione che il paziente ha di sé è quello diagnostico, che vede la presenza

²²⁰ G. COLLECCHIA, R. DE GOBBI, *Intelligenza Artificiale e Medicina Generale*, Il Pensiero Scientifico Editore, 2020, pp.29-30

²²¹ A. ARDISSONE, *La relazione medico-paziente nella sanità digitale. Possibili impatti sul professionalismo medico*, Rassegna Italiana di Sociologia 1/2018

di app capaci di analizzare i biomarcatori dell'utente e da essi trarre una diagnosi o addirittura anticipare possibili acuti. Questo fenomeno assume una particolare valenza se si analizza il fenomeno della m-health: essa è una branca della medicina digitale (non necessariamente collegata all'AI) la quale fa dello smartphone uno strumento fondamentale per il monitoraggio della propria salute. Ciò racchiude oltre alle app citate precedentemente dotate di intelligenza artificiale, anche le semplici app di monitoraggio dell'attività fisica, di conta delle calorie assunte e rilevatrici del battito cardiaco. Questo permette il fenomeno del cosiddetto "quantified-self²²²" ossia la tendenza di misurare, registrare e condividere tra pari (comunità online) i propri dati clinici, escludendo il medico dal fondamentale ruolo di analizzatore di essi. Con l'AI il fenomeno del m-health assume un ruolo ancora più fondamentale per il paziente, che può omettere il medico sia dall'analisi dei dati che dalla formulazione di una diagnosi. È stimato che a livello mondiale esistano più di 43000 app di m-health ed esse sono state scaricate da più di 660 milioni di utenti²²³; questo processo di soggettivizzazione delle cure di certo non si fermerà con il progresso tecnologico, ma anzi aumenterà, sia a causa di un aumento di utilizzatori smartphone a livello mondiale, sia dallo sdoganamento di app fornite di AI.

Lo scenario futuro che ci si presenta allo stato attuale delle cose è quello in cui il paziente è pari al medico, in quanto in grado di curarsi da sé senza alcuna mediazione. Quest'ultimo, quando è ancora utile è sottomesso al potere degli algoritmi e del loro potere oracolare. Quello che si può sperare è che i legislatori normino e segnino confini ben precisi tra la libertà dell'autocura (relegandola al massimo a controllo disinteressato del paziente alla sua salute, senza alcuna valenza medica) e ruolo del medico, cercando un difficile connubio tra tecnologia e umanità. *"I medici devono svolgere un ruolo di guida, supervisione e monitoraggio, utilizzando la propria intelligenza e le capacità che li rendono superiori alle macchine: in particolare l'astrazione, l'intuizione, la flessibilità e l'empatia, aspetti della professione che un algoritmo non saprà mai riprodurre²²⁴"*

²²² Ibidem

²²³ Ibidem

²²⁴ G. COLLECCHIA, R. DE GOBBI, *Intelligenza Artificiale e Medicina Generale*, Il Pensiero Scientifico Editore, 2020, pp.205-206

4.2 IL RISCHIO DIGITAL DIVIDE, IL CASO ITALIANO

“I divari digitali (digital divide) sono linee di confine tra l’inclusione ed esclusione dalla società delle piattaforme, e costituiscono quindi potenziali modalità di articolazione del conflitto sociale contemporaneo²²⁵”. Nel mondo della quarta rivoluzione industriale la digitalizzazione e l’uso di internet è diventato elemento fondante per tutte le attività umane (comunicazione, partecipazione politica, mondo del lavoro, svago, sanità ecc...). l’onnicomprendività dell’uso di internet dovrebbe prescindere (come nel caso delle precedenti rivoluzioni) una certa omogeneità dell’uso da parte della popolazione. Non avviene invece questo per le tecnologie digitali, in quanto costi proibitivi delle apparecchiature per certe fasce della popolazione svantaggiata, limiti geografici per la creazione di bande larghe, disuguaglianze nella fruizione (di classe, di etnia, di età, di gender²²⁶) e situazioni di scarso utilizzo e scarse competenze digitali creano una vera e propria spaccatura tra i connessi e i disconnessi. Il web, nato come mezzo di comunicazione e partecipazione rappresenta oggi una nuova fonte di ingiustizia e le divisioni che esso crea di inseriscono nel solco di quelle antiche, andandole a rinforzare²²⁷. L’utilizzo del web è anche necessario per l’esercizio di sempre più diritti e doveri connessi allo status di cittadino. In questo panorama si iscrive la “sanità 4.0” e soprattutto l’intelligenza artificiale ad essa connessa. È bene specificare che tutti gli strumenti dotati di AI hanno la necessità di una connessione Internet: negli ambiti prima analizzati, i sistemi esperti ottengono dati e modelli pre-codificati andandoli a ricercare in cloud connessi via web, i sistemi di machine learning attingono per le loro inferenze a dataset online e tutti i sistemi di monitoraggio intelligente raccolgono i file da analizzare ed inviare ad altri dispositivi o medici in cartelle online. La connessione internet è infatti la chiave di volta della sanità intelligente; senza di essa gli aggiornamenti dei software e dispositivi sarebbe impossibile ed una nuova pubblicazione non verrebbe consigliata da sistemi esperti,

²²⁵ D. SELVA, *Divari digitali e disuguaglianze in Italia prima e Durante il Covid-19*, cit. Van Dick et al, 2018; Sorice, 2020b

²²⁶ Ibidem, cit. Fuchs, 2017; Sorice 2020a

²²⁷ <https://www.scuoladirobotica.it/digital-divide-lo-0-1-e-una-metafora-della-nuova-ingiustizia-digitale/> consultato il 15/09/2021

nuove immagini radiologiche non si unirebbero al dataset digitale arricchendo e potenziando l'algoritmo. Senza la connessione internet si perderebbe l'aggiornamento continuo degli strumenti, rilegandoli ad una staticità che male si conforma con la necessità di innovazione continua che contraddistingue l'AI dalla medicina "classica". Assume quindi particolare rilevanza la frattura tra connessi e non connessi in ambito sanitario; in uno scenario futuro dove l'AI è uno strumento necessario e imprescindibile della pratica medica potrebbe creare divisioni tra sani e malati o tra curabili e non curabili. In questa ricerca verrà analizzato il caso italiano in quanto paradigmatico: nonostante sia uno Stato avanzato e tendenzialmente connesso, risulta molto presente il problema del digital divide, rendendoci uno dei paesi più digitalmente divisi d'Europa.

Il fenomeno della divisione digitale può essere letto sotto diversi livelli di analisi:

1. Primo livello: divario digitale dal punto di vista della diffusione e distribuzione delle tecnologie digitali;
2. Secondo livello: divario digitale delle competenze; riguarda l'istruzione formale (scuola), quella continua (per adulti) per l'acquisizione di competenze in materia digitale;
3. Terzo Livello: prospettiva sociale; riguarda l'inclusione, l'uguaglianza, il diritto di accesso e la partecipazione della popolazione²²⁸.

È necessario notare come il secondo e terzo livello di digital divide (il primo è quasi statisticamente irrilevante in Italia) colpisca fasce della popolazione notoriamente marginalizzate nella società: donne, anziani, bambini, minoranze etniche, disabili, disoccupati e meno abbienti²²⁹; in certe fasce della popolazione (soprattutto negli anziani) esiste una vera e propria "tecnofobia" e "ansia da computer". Queste categorie, già notoriamente marginalizzate sia socialmente e digitalmente coincidono quasi perfettamente con quelle che empiricamente subiscono le maggiori iniquità in termini di accesso e fruizione del bene salute, ossia anziani, poveri ed immigrati²³⁰. Il futuro che prevede la digitalizzazione delle pratiche

²²⁸ D. SELVA, *Divari digitali e disuguaglianze in Italia prima e Durante il Covid-19*

²²⁹ Ibidem

²³⁰ M. TERRANEO, *Le sfide dell'equità in prospettiva sociologica*, Franco Angeli Editore, 2018, Cap 4, pp.92-125.

4.3 L'ALGORITMO COME FONTE DI DISCRIMINAZIONE

Un importante studio pubblicato sulla rivista “Science”²³¹ nell’Ottobre 2019 analizzando il funzionamento di un algoritmo per decidere a quali pazienti spettasse un’assistenza sanitaria per bisogni medici complessi in una importante clinica degli Stati Uniti, faceva notare che esso discriminasse automaticamente i pazienti di colore. Addentrando nel caso, l’algoritmo di supporto decisionale, utilizzato da strutture sanitarie ed assicurazioni ha la funzione di conferire ai pazienti analizzati una classe di rischio, espressa in centili; per i pazienti con un rischio molto elevato (dal 97° percentile in su) l’algoritmo li iscrive senza mediazione umana a programmi personalizzati ad alta intensità di cura, mentre per le classi intermedie di rischio (dal 55° percentile al 96°) l’iscrizione era subordinata a un’approvazione medica. Dalla ricerca è emerso che l’algoritmo dotato di AI nel conferimento delle classi di rischio utilizzasse tra i vari parametri quello del costo medio per paziente, con la “razionale idea” che pazienti più costosi per la struttura sanitaria fossero quelli con più necessità di cure. Uno sguardo attento ai dati ha però fatto emergere che a parità di bisogno di cura, un paziente di colore per varie cause (sfiducia nel sistema sanitario, auto esclusione dai servizi, discriminazione da parte di personale medico ed infermieristico, procrastinazione ed autocura) costi in media, a parità di morbosità, 1.800\$ in meno rispetto ad un paziente bianco²³². Risultava quindi che nei percentili più elevati soltanto il 17.7% dei malati fosse di colore, mediamente con morbosità superiori rispetto a quelli bianchi e, secondo i ricercatori, se l’algoritmo non avesse tenuto conto delle spese sanitarie, il 46,5% dei pazienti dal percentile 97 in su, sarebbero stati di colore, in linea con la percentuale di pazienti serviti dalla struttura²³³.

Nel 2013 Erick L. Loomis viene fermato dalla polizia dello Stato del Wisconsin negli Stati Uniti, mentre era in fuga alla guida di un’automobile rubata dopo una sparatoria. A seguito di ciò venne ordinata una Presentance Investigation Report (PSI), ossia una relazione sulle investigazioni sulla storia dell’imputato, utile a modulare la severità della stessa. Le analisi della PSI prevedevano anche l’utilizzo

²³¹ <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aax2342> consultato il 17/09/2021

²³² https://www.lescienze.it/news/2019/10/29/news/milioni_neri_pregiudizio_razziale_algoritmi_sanitari-4596396/ consultato il 17/09/2021

²³³ Ibidem

di uno strumento dotato di intelligenza artificiale, il software COMPAS (Correctional Offender Management Profiling for Alternative Sanctions), utilizzato nella giustizia penale statunitense²³⁴. Il software si fonda su un algoritmo che analizzando le risposte date a 137 quesiti (istruzione, età, lavoro, uso di droga, percorso criminale, opinioni personali ecc²³⁵) quantifica il rischio di recidiva processuale, recidiva generale e recidiva violenta in una scala da 1 a 10²³⁶. La quantificazione del rischio è poi utilizzata per predire la probabilità generale di un nuovo reato, comparando le informazioni dell'imputato a quelle relative alla storia penale di imputati con caratteristiche simili²³⁷. A causa di ciò Loomis è stato condannato alla pena di sei anni di reclusione non solo per le azioni criminose del passato, ma anche per ciò che potrebbe fare in futuro. Questo esempio, fortunatamente lontano dai nostri principi costituzionali, è stato molto dibattuto da stampa ed esperti. Dopo una analisi dei risultati delle inferenze di COMPAS è risultato che ci fosse un evidente bias razziale: le persone di colore avevano la probabilità quasi doppia di essere etichettati ad alto rischio rispetto ai bianchi, a parità di storia penale pregressa²³⁸.

Questi sono solo due degli innumerevoli casi descritti dal libro “weapons of math descrtuction” di Cathy O’Neill dove l’intelligenza artificiale prende decisioni discriminatorie a causa di bias, ossia pregiudizi razziali, salariali, di genere presenti nella configurazione degli algoritmi. Uno dei dogmi dell’intelligenza artificiale è quello della neutralità dell’algoritmo: “*essi non hanno pregiudizio verso le persone da giudicare; non possono avere conflitti di interesse, né possono essere soggetti a distrazioni, stanchezza e cattivo umore, tali da alternarne il giudizio*”²³⁹. Il motivo delle discriminazioni non può quindi essere attribuito alla macchina, che non essendo cosciente esegue soltanto i compiti ad essa delegati, ma al processo di

²³⁴<https://www.giurisprudenzapenale.com/2019/04/24/lamicus-curiae-un-algoritmo-chiacchierato-caso-loomis-alla-corte-suprema-del-wisconsin/> consultato il 19/09/2021

²³⁵<https://www.dataprotectionlaw.it/2019/05/07/lalgoritmo-che-condanna-i-limiti-della-giustizia-predittiva/> consultato il 19/09/2021

²³⁶<https://www.giurisprudenzapenale.com/2019/04/24/lamicus-curiae-un-algoritmo-chiacchierato-caso-loomis-alla-corte-suprema-del-wisconsin/> consultato il 19/09/2021

²³⁷ Ibidem

²³⁸<https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing> consultato il 19/09/2021

²³⁹ A. LONGO, G. SCORZA, *Intelligenza Artificiale, impatto sulle nostre vite, diritti e libertà*, Mondadori Università, 2020, p.51

raccolta dei dati, ossia la fase in cui l'algoritmo "impara" la funzione che deve svolgere. Dati incompleti, diversi da quelli di apprendimento, statisticamente non rilevanti, legati a vecchie discriminazioni "umane" si cristallizzano in modo irreversibile nell'algoritmo. Dati non statisticamente rilevanti portano a discriminazioni e, visti gli ampi utilizzi dell'AI soprattutto negli USA, ampie discriminazioni. La problematica principale dei bias è che attraverso l'esperienza la macchina acquisisce più dati discriminativi, alimentando un circolo vizioso potenzialmente inarrestabile. Quindi un algoritmo che identifica un certo quartiere come pericoloso "consigliere" alle forze di polizia appostamenti continui; questo porterà a un maggior numero di reati segnalati, il quale potenzierà la capacità predittiva dell'algoritmo, che ignorerà sempre di più gli eventi criminosi in altre zone²⁴⁰. Gli ambiti di discriminazione sono potenzialmente infiniti, come lo sono i possibili ambiti di utilizzo dell'AI: oltre al settore penale e sanitario sono riscontrati in più casi discriminazioni nell'ambito delle assicurazioni, dei prestiti, del riconoscimento facciale, delle risorse umane, della scelta di un dipendente per un posto di lavoro, per la differenza salariale tra uomo e donna ecc...

Un caso paradigmatico e paradossale, rintracciabile nell'ambito sanitario è quello rintracciato da Caruana et al²⁴¹. Nello specifico l'algoritmo utilizzato in una struttura sanitaria ha il compito di prevedere la possibilità di morte a pazienti affetti da polmonite, e con questi dati decidere il ricovero in struttura o cure domiciliari. Con una casistica di 14199 casi è stato rilevato che i pazienti con forme più gravi di polmonite ed asmatici avevano un tasso di mortalità minore e quindi la macchina consigliava la degenza domiciliare. LA discriminazione algoritmica sulla patologia è spiegata dal fatto che suddetti pazienti, più gravi, avevano una mortalità minore visto il ricovero in terapia intensiva, con una gestione più aggressiva della patologia.

Dal punto di vista sanitario le descrizioni sono potenzialmente infinite. Discriminazioni dovute alla razza, all'etnia o alla religione possono manifestarsi a causa di un diverso utilizzo delle strutture sanitarie: le immigrate potrebbero subire

²⁴⁰ Ibidem, pg.56

²⁴¹ R CARUANA, Y. LOU, J. GEHRKE, ET AL. *Intelligible models for healthcare: predicting pneumonia risk and hospital 30-day readmission*. Proceedings of the 21th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining 2015; 1721-30.9

trattamenti inadeguati in ambito ginecologico a causa della minore fruizione del servizio sanitario per i controlli e per il parto, che spesso avvengono a casa; pazienti con diete diverse potrebbero non avere valori sanguigni comparabili a quelli degli autoctoni e non ci sarebbero cure adeguate a patologie intestinali o diabetiche; pazienti con la pelle più scura potrebbero non avere un dataset affidabile nella mappatura dei nei, rischiando che la diagnostica per immagini non riconosca melanomi o altre malattie della pelle. Usi e costumi particolari potrebbero portare a tumori di diagnosi incerta o, peggio, in sistemi non universalistici ci potrebbe essere un'esclusione a causa di dati storici sulla mancanza di un'assicurazione sanitaria. I sistemi di machine learning non aggiornati o con pochi dati potrebbero non riconoscere malattie rare e, a causa di un possibile overdependence dei medici, potrebbero consolidarsi pratiche e trattamenti inopportuni. Malattie che colpiscono le fasce economicamente più deboli della popolazione potrebbero non avere un sufficiente numero di evidenze a causa di minore fruizione dei servizi sanitari, e quindi malattie dovute a cattive condizioni abitative, di lavoro, di status psicologico, di stress psicosomatico potrebbero non essere trattate con i giusti riferimenti contestuali, caratteristiche che solo una macchina estremamente aggiornata, o un medico umano posseggono.

Per concludere quindi il rischio di discriminazione e di cristallizzazione della stessa è molto probabile. I sistemi di AI a differenza degli uomini cambiano soltanto con milioni di evidenze e ciò potrebbe creare una divisione che acuirebbe quelle già presenti: quella tra i curabili, facenti parte degli status sociali più elevati che utilizzano il sistema sanitario più spesso, e quella degli incurabili, popolazioni già marginalizzate che avendo il "vulnus" di una sottorappresentazione sanitaria (perché immigrati, provenienti da sistemi arcaici o da paesi non tecnologicamente sviluppati in ambito sanitario) non rappresenterebbero una categoria statisticamente significativa e diverrebbero un oggetto sostanzialmente ignoto alla tecnologia, e, se questa sostituisce la pratica medica umana, alla possibilità di cura.

CONCLUSIONI

Le macchine intelligenti che tanto spaventavano lettori e spettatori negli anni 60' adesso sono la realtà e spaventano in modi diversi: quale sarà il ruolo dell'uomo? avremo la possibilità di autodeterminarci? è privo di rischi donare la nostra ragione ad esseri non senzienti? Per rispondere a queste domande è necessaria una forte presa di coscienza su cosa sia il fenomeno, quali benefici possa portare e quali rischi possiamo correre. In questa analisi ho parlato dei benefici in medicina, con il cieco ottimismo che la tecnologia, se ben regolata, sia benefica sempre. Molto spesso però la realtà è ben più complessa e sono molti più i parametri da prendere in considerazione. Il costo economico per una rivoluzione così marcata, il ridimensionamento della professione medica, la possibile discriminazione di certi settori della popolazione. Tutto questo non può che portare, come naturale che sia in sconvolgimenti così grandi, paura ed angoscia. Per evitare tutto ciò e creare una sanità più efficiente, economica e meno diseguale è necessario che una classe politica lungimirante non deleghi il suo compito di regolare e quindi rendere comprensibile la realtà ad organismi tecnici. La politica invece deve comprendere e non schernire questa giustificata paura e far sì che la macchina sia ancella dell'uomo e non il contrario e che nella sanità la tecnologia della prestazione faccia aumentare l'umanità, la vicinanza, l'empatia e la fiducia di cui ha bisogno una persona in bisogno di aiuto.

Bibliografia

- G. COLLECCHIA, R. DE GOBBIO, *Intelligenza artificiale e medicina generale*, il Pensiero scientifico Editore, 2020
- F. LAGIOIA, *L'intelligenza artificiale in sanità, un'analisi giuridica*, G. Giappichelli Editore, 2020
- G. PASCIERI, *Intelligenza artificiale, algoritmo e machine learning*, Giuffrè Francis Lefevre, 2021
- S. MICELI, A. GANGEMI, *Psicologia dell'intelligenza*, Laterza, 2018
- S. QUINTARELLI, *Intelligenza Artificiale, cos'è davvero, come funziona, che effetti avrà*. Bollati Boringhieri, 2020
- A. BINET, T. SIMON, *Methodes nouvelles pour le diagnostic du niveau intellectuel des anormaux*. Année Psych 1905;11:191-336.
- W. STERN. *The Q.I: measurements of intelligence*. Cambridge: Cambridge University Press, 1912.
- H. GARDNER, *Formae mentis*. Saggio sulla pluralità dell'intelligenza, Feltrinelli, 2013.
- D. GOLEMAN, *L'intelligenza Emotiva, che cos'è e perché può renderci felici*, Rizzoli, 2011
- J. KAPLAN, *L'intelligenza Artificiale*, Luiss University Press, 2018
- J. MC CARTHY, M.L. MINSKY, N. ROCHESTER, C. E. SHANNON, *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*, Standford, 1955.
- . -TURING, *Computing Machinery and Intelligence* 1950
- Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, Bruxelles, art.1. 7 dicembre 2018, COM(2018) 795 Final.
- Commissione Europea: *White paper on Artificial Intelligence-A European approach to excellence and trust*. COM(2018) 65 Final.
- A. LONGO, G. SCORZA, *Intelligenza Artificiale, impatto sulle nostre vite, diritti e libertà*, Mondadori Università, 2020
- F. ROSSI, *I confini del futuro, possiamo fidarci dell'intelligenza artificiale?* Feltrinelli, 2019
- U. RUFFOLO, *Intelligenza Artificiale, Il diritto, I diritti, L'Etica*, Giuffrè Editore, 2020
- D. RASSKIN-GUTMAN, *Metáforas de ajedrez: la mente humana y la inteligencia artificial*, La Casa del Ajedrez, 2005
- R. MARMO, *Algoritmi per l'intelligenza artificiale*, Hoepli Editore, 2020,
- D. HUME, *Ricerca sull'intelletto umano*. Testo inglese a fronte, a cura di M. Dal Prà, Laterza, 2006
- W.S. MCCULLOCH, W. PITTS, *A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity*, in the bulletin of mathematical biophysics, 1943.
- F. ROSENBLATT, *The Perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain*, in Psychological Review, 1958
- N. COSTANTINI, *New Scientist, Macchine che pensano*, Dedalo Edizioni, 2008
- S.J. RUSSEL, P. NORVING, *"Artificial intelligence, a Modern Approach"* Prentice Hall, 1995

- G.ASSENZA, L. FARAMONDI, L. VOLLERO, G. OLIVA, “Aspetti innovativi dell’industria 4.0 e applicazione alla sanità e all’industria farmaceutica”, Università Campus Bio-Medico di Roma
- Artificial Intelligence and life in 2030 – One Hundred Year Study on Artificial Intelligence, Stanford University, 2016
- B.WOLF, C. SCHOLZE, “Medicine 4.0”, Biomedical Engineering 2017
- JAMA NETWORK, Validation of a Deep Learning Algorithm for the Detection of Malignant Pulmonary Nodules in Chest Radiographs, 2020
- R. ASCIONE, Il Futuro della Salute, come la tecnologia digitale sta rivoluzionando la medicina (e la nostra vita),
- H CERGAS-BOCCONI, Rapporto OASI 2019 Osservatorio sulle Aziende e sul Sistema Sanitario Italiano, 2020 Hoepli Editore, 2018,
- P. R. BOSCOLO, K. LICO, L’emergenza diventa volano per l’intelligenza artificiale, Franco Angeli, 2021
- E. D’ALBERGO, T. FASCIANI, Istituzioni e crisi Covid-19 in Italia: agende e (de)politicizzazione nella governance dell’intelligenza artificiale, Rivista Trimestrale di scienza dell’amministrazione 2/2020
- Norme di diritto civile sulla robotica: Risoluzione del Parlamento europeo del 16 febbraio 2017 recante raccomandazioni alla Commissione concernenti norme di diritto civile sulla robotica (2015/2103(INL))
- Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, Bruxelles, art.1. 7 dicembre 2018, COM(2018) 795 Final
- Comunicazione della Commissione Europea COM(2020) 65 FINAL del 19/02/2020, A White paper on Artificial Intelligence
- MISE, Proposte per una Strategia Italiana per l’intelligenza artificiale, 2020
- MID, Strategia di Innovazione Italia 2025, le prime azioni per l’Italia del futuro
- L. BOBBIO, G. POMATTO, S. RAVAZZI, Le Politiche Pubbliche, problemi soluzioni incertezze conflitti, Mondadori Università, 2017
- REGOLAMENTO (UE) 2017/745 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 5 aprile 2017, art.2(1)
- F. TOTH, R. LIZZI, Le trasformazioni silenziose delle politiche sanitarie in Italia e l’effetto catalizzatore della grande crisi finanziaria, Il Mulino, 2019
- C. CIARDO, il servizio sanitario nazionale alla prova dell'emergenza COVID-19: il rischio di una sanità diseguale
- RAPPORTO OECD, State of Health in the EU, ITALIA, profilo della sanità 2019
- V. ATELLA, J.KOPINESKA, Invecchiamento e politiche sanitarie: la sfida per un sistema sostenibile, Giornale Italiano di Farmacoconomia e Farmacoutilizzazione, 2014
- ISTAT, Anziani, le conzioni di salute in Italia ed in Unione Europea, 2017.
- RAPPORTO OECD, State of Health in the EU, ITALIA, profilo della sanità 2019
- F. TOTH, La sanità in Italia, Il Mulino,

- 2014 Report dell'Osservatorio Nazionale sulla Salute nelle Regioni Italiane, 2019
- MARSH, Report Madmall, Studio sull'andamento del rischio da medical malpractice nella sanità pubblica e privata, 2020
- U. GENOVESE, Effetti della medicina difensiva sulla pratica medica e sul processo di cura, *Medicinae Doctor*, 2012
- A. ARDISSONE, La relazione medico-paziente nella sanità digitale. Possibili impatti sul professionalismo medico, *Rassegna Italiana di Sociologia* 1/2018
- D. SELVA, Divari digitali e disuguaglianze in Italia prima e Durante il Covid-19
- M. TERRANEO, *Le sfide dell'equità in prospettiva sociologica*, Franco Angeli Editore, 2018
- R CARUANA, Y. LOU, J. GEHRKE, ET AL. Intelligible models for healthcare: predicting pneumonia risk and hospital 30-day readmission. *Proceedings of the 21th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining 2015*; 1721-30.9

Sitografia

- <https://people.dm.unipi.it/trevisan/didattica/2016-2017/statistica-bayesiana.pdf>
- https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/it/Documents/life-sciences-health-care/AI%20report%20medtech_Deloitte%20Italia.pdf in data 28/08/2021
- <https://www.coherentmarketinsights.com/market-insight/artificial-intelligence-in-healthcare-market-436>
- <https://www.01health.it/tecnologie/intelligenza-artificiale/intelligenza-artificiale-settore-sanitario-75-miliardi-dollari-2027/>
- AI report medtech_Deloitte Italia.pdf
- <https://www.dottnet.it/articolo/30066/le-app-che-scovano-melanomi-con-smartphone-non-sono-affidabili/>
- <https://www.newence.com/2020/02/22/tumori-cutanei-poco-affidabili-le-app-per-smartphone-che-analizzano-le-alterazioni-della-pelle/>
- [https://www.airc.it/cancro/prevenzione-tumore/prevenzione-donna/seno-autopalpazione-visita-senologica#:~:text=Di%20seguito%20alcune%20informazioni%20sulla,uomini\)%20di%20tumore%20del%20seno](https://www.airc.it/cancro/prevenzione-tumore/prevenzione-donna/seno-autopalpazione-visita-senologica#:~:text=Di%20seguito%20alcune%20informazioni%20sulla,uomini)%20di%20tumore%20del%20seno)
- <https://www.cancer.org/cancer/breast-cancer/screening-tests-and-early-detection/mammograms/limitations-of-mammograms.html>
- <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1799-6>
- <https://www.scienzainrete.it/articolo/diagnosi-automatizzate-dalla-covid-19-ai-tumori-al-seno/chiara-sabelli/2020-10-23>
- <https://salutedigitale.blog/2018/11/07/clinical-decision-support-system-cosa-sono-a-che-servono/>
- <http://www.medilogy.it/html/soluzioni/medidrug-asl-e-ospedali-soluzioni-medilogy.asp>
- [https://www.03.ibm.com/software/sla/sladb.nsf/8bd55c6b9fa8039c86256c6800578854/78b33662863a9fc18625829500761cf2/\\$FILE/i128-0007-04_05-2018_it_IT.pdf](https://www.03.ibm.com/software/sla/sladb.nsf/8bd55c6b9fa8039c86256c6800578854/78b33662863a9fc18625829500761cf2/$FILE/i128-0007-04_05-2018_it_IT.pdf)
- <https://pharma.easydata.it/watson-for-oncology-e-la-sfida-al-cancro/> consultato il 4/09/2021

-https://forward.recentiproggressi.it/it/rivista/numero-8-intelligenza-artificiale/articoli/watson-accompagna-il-lavoro-degli-oncologi/#bio1_4

- <https://pharma.easydata.it/watson-for-oncology-e-la-sfida-al-cancro/> onvc

-<https://www.campolongohospital.com/news/ecco-il-lokomat-la-nuova-frontiera-della-riabilitazione-al-campolongo-hospital/>

https://www.researchgate.net/publication/243769277_Rutgers_Ankle_orthopedic_rehabilitation_interface

-[https://en.wikipedia.org/wiki/Leonardo_\(robot\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Leonardo_(robot))

-<https://i-rim.it/it/project/tug/>

-http://www.salute.gov.it/C_17_pubblicazioni_2129_allegato.pdf

-<https://www.agendadigitale.eu/cultura-digitale/immuni-come-funziona-lapp-italiana-contro-il-coronavirus/>

-<https://www.key4biz.it/cina-e-covid-app-di-tracciamento-e-telecamere-per-tornare-liberi-il-paradosso-della-sorveglianza-digitale/358203/>

-<https://www.garantepriacy.it/home/docweb/-/docweb-display/docweb/9294061>

-<https://www.nature.com/articles/s41467-020-17971-2.pdf>

-<https://www.med4.care/intelligenza-artificiale-diagnosi-covid-19/>

-<https://www.covid-19-sounds.org/it/>

-<https://cordis.europa.eu/article/id/417988-the-sound-of-covid-19-new-app-to-identify-symptoms-through-voices-and-coughs/it>

-http://www.intermeditalia.it/ita/news/dispositivi_indossabili_biobeat_97

-https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Proposte_per_una_Strategia_italiana_AI.pdf

-<https://www.i-com.it/2020/07/09/intelligenza-artificiale-pubblicata-la-strategia-per-una-renaissance-dellitalia/>

-<https://www.ilsole24ore.com/art/scelta-nuova-app-tracciamento-contagi-si-chiama-immuni-AD1icnK>

-<https://www.giurcost.org/decisioni/1990/0455s-90.html>

-<https://alterthink.it/la-malattia-dei-costi-di-baumol-tra-tagli-e-de-finanziamenti-al-ssn/>

-http://www.sossanita.it/doc/2017_07_quanti-italiani-rinunciano-cure.pdf

-<https://www.ilsole24ore.com/art/un-paese-che-invecchia-velocemente-sotto-spinta-baby-boomers-AESrSEiE>

-http://www.quotidianosanita.it/governo-e-parlamento/articolo.php?articolo_id=26843

-<https://www.youtube.com/watch?v=mbiAp7P8thI>

-<https://www.scuoladirobotica.it/digital-divide-lo-0-1-e-una-metafora-della-nuova-ingiustizia-digitale/>

-<https://www.science.org/doi/10.1126/science.aax2342>

https://www.lescienze.it/news/2019/10/29/news/milioni_neri_pregiudizio_razziale_algoritmi_sanitari-4596396/

-<https://www.giurisprudenzapenale.com/2019/04/24/lamicus-curiae-un-algoritmo-chiacchierato-caso-loomis-alla-corte-suprema-del-wisconsin/>

-<https://www.dataprotectionlaw.it/2019/05/07/lalgoritmo-che-condanna-i-limiti-della-giustizia-predittiva/>

-<https://www.giurisprudenzapenale.com/2019/04/24/lamicus-curiae-un-algoritmo-chiacchierato-caso-loomis-alla-corte-suprema-del-wisconsin/>

-<https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing>

Ringraziamenti

Arrivato alla fine di questo percorso, rivelatosi più complicato del previsto, non posso che ringraziare chi mi ci ha fatto arrivare, spingendomi verso l'obiettivo e credendo in me quando neanche io lo facevo.

Ringrazio la mia famiglia che mi ha sostenuto nei momenti difficili e mi ha fatto capire il mio valore;

ringrazio chi anche non essendo la mia famiglia mi ha accolto come un figlio, un fratello, un amico;

chi consapevolmente o no mi ha dato una strigliata o una motivazione per andare avanti, che ha gioito ai miei successi o sostenuto nei miei insuccessi;

ringrazio i miei nonni che si sono fermati a metà ma mi hanno dato una mano in modi che non posso decifrare;

ringrazio il Prof. Antonio la Spina e la Prof.ssa Donatella Morana nell'avermi accettato, nonostante ci fossero tutti i presupposti per dirmi di no;

ed infine un ringraziamento speciale a Sofia, ancora e bussola della mia vita, la mia metà mancante, il mio coraggio e la mia tenerezza.