

L'intelligenza artificiale "istituzionale": limiti (attuali) e potenzialità*

Daniele Marongiu

(Ricercatore - Dipartimento di Scienze Politiche e Sociali - Università di Cagliari)

ABSTRACT Artificial intelligence in this historical period is becoming something concrete and present in commonly used electronic devices, although in an embryonal form. However, despite an extensive use of neural network systems and machine learning in the commercial Internet, these technologies are not currently used by public administrations in its authoritative activity. This can be explained due to the particular nature of the decisions issued by the administrative authority, but also due to some weaknesses and immaturity of the current artificial intelligence systems, which could be overcome in the near future.

1. L'intelligenza artificiale dalla teoria alla realtà

L'intelligenza artificiale costituisce, nel medesimo tempo, il punto di partenza iniziale e l'obiettivo ultimo finale della storia evolutiva dell'informatica.

Costituisce l'impulso iniziale, perché quando si creavano i prodromi per la realizzazione dei primi computer, nella metà del secolo scorso, li si concepiva come "macchine pensanti"¹. In particolare, è ampiamente noto che questa aspirazione ha rappresentato lo sfondo concettuale dell'opera di Alan Turing, il quale, in un saggio del 1950², enucleava la prima idea di *digital computer* inteso come *thinking machine* che, sottoposto al "test dell'imitazione", avrebbe saputo ingannare l'operatore, conversando con lui attraverso un sistema di scrittura a distanza e inducendolo a confondere le sue risposte e i suoi ragionamenti con quelli di un interlocutore umano³.

L'intelligenza artificiale rappresenta però anche il punto di arrivo futuro e finale, quasi escatologico, dell'evoluzione dell'informatica⁴, perché la sua realizzazione, pur così chiara negli intenti iniziali, oggi non si è ancora concretizzata in modo compiuto, e ancor meno lo è stata negli anni immediatamente successivi alla sua prima teorizzazione, cioè nella seconda metà del

ventesimo secolo.

Al contrario, nei decenni successivi al 1950 il progresso dell'informatica si è dipanato in condizioni profondamente differenti rispetto alle ambizioni iniziali. In tale periodo storico l'evoluzione tecnologica, pur rapida ed esponenziale, non ha prodotto macchine capaci di emulare le capacità cognitive umane. I computer che nel ventesimo secolo hanno trovato successo commerciale non rappresentano intelligenze artificiali, bensì sono meri esecutori di *software* interamente predeterminati. Tali calcolatori fondano la propria azione su algoritmi che costituiscono sequenze di istruzioni totalmente univoche, fondate sulla serrata logica degli operatori booleani e su una ripetizione ininterrotta dello schema "*if-then*", il quale induce la macchina ad eseguire comandi senza alcuno spazio di azione che non sia interamente ascrivibile alla volontà e alla creatività del programmatore⁵. Si tratta di computer che, evidentemente, non sono in alcun caso qualificabili come entità pensanti ma, piuttosto, appaiono come attuatori meccanici (per quanto digitali) di ordini prestabiliti. Essi hanno indubbiamente facilitato le attività intellettive dell'uomo in un crescendo ininterrotto, ma con una funzione di mero ausilio: non si sono sostituiti all'essere umano nelle sue prestazioni intellettuali più proprie, ovvero nelle manifestazioni di volontà, di giudizio, di creatività e di consapevolezza.

Certamente, nel mondo accademico gli studi sull'intelligenza artificiale non hanno mai cessato di svilupparsi, sia sul versante della filosofia cognitiva che su quello ingegneristico, dando luogo, nella seconda metà del '900, ad un dibattito estremamente vivido e stimolante: si pensi alla forte impronta segnata dalle opere di Roger Penrose, John Searle, Daniel Dennett e

* Article submitted to double-blind peer review.

¹ G. F. Italiano, *Intelligenza artificiale: passato, presente, futuro*, in *Intelligenza artificiale, protezione dei dati personali e regolazione*, F. Pizzetti (ed.), Torino, Giappichelli, 2018, 207.

² A.M. Turing, *Computer machinery and intelligence*, in *Mind*, vol. 49, 1950, 433.

³ La questione è descritta in modo analitico, e in termini biografici, da D. Leavitt, *L'uomo che sapeva troppo*, Torino, Codice Edizioni, 2006, 205.

⁴ Il richiamo è alle profonde riflessioni di R. Bodei, *Dominio e sottomissione. Schiavi, animali, macchine, Intelligenza Artificiale*, Bologna, il Mulino, 2019, 297, in particolare nel passaggio in cui egli afferma: "Per parafrasare il vangelo di Giovanni, il Verbo si è fatto macchina, lo spirito soffia anche nell'inorganico e la ragione e il linguaggio, oggettivati in forma di algoritmo, abitano in corpi non umani".

⁵ Questi aspetti sono oggetto di approfondimento in G. Duni, *L'amministrazione digitale*, Milano, Giuffrè, 2008, 74 e in R. Borruso, S. Russo e C. Tiberi, *L'informatica per il giurista*, Milano, Giuffrè, 2009, 83.

Douglas Hofstadter⁶. Nell'ambito di tali ricerche si è prodotto un importante quadro teorico e si sono sperimentati prototipi di *software* attraverso cui si è cercato di soddisfare le condizioni dettate da Turing affinché potessero essere definiti intelligenti. Ciò è avvenuto sia in tentativi poco sofisticati (e contestati) come ELIZA (il noto programma creato nel 1964 da Joseph Weizenbaum che "appariva" capace di conversare ma in verità rispondeva ad algoritmi abbastanza rigidi che si limitavano a rielaborare le domande dell'interlocutore)⁷, sia in realizzazioni più avanzate, come nel caso di SHRDLU e di Copycat, emulatori di reti neurali ideati rispettivamente nel 1958 da Terry Winograd e nel 1988 da Douglas Hofstadter e Melanie Mitchell, il primo capace di comprendere il linguaggio naturale, rispondere a domande e condurre conversazioni in modo autonomo⁸, il secondo in grado di riconoscere e produrre analogie alla maniera della mente umana⁹. Queste esperienze sono però rimaste confinate come (pur fondamentali) casi di studio, e non si sono tradotte in prodotti commerciali; a tali ricerche non è quindi corrisposta una diffusione delle intelligenze artificiali in contesti che riguardassero la vita comune delle persone¹⁰.

Di tale *gap* fra teoria e realtà si era pienamente consapevoli. In particolare nel periodo fra gli scorsi anni ottanta e novanta, la possibilità di superare l'informatica fondata sui *software*-algoritmi predeterminati e di diffondere a livello massivo l'uso di sistemi "pensanti", appariva come un orizzonte così distante che gli studiosi dell'epoca, con una vena di rassegnazione, chiamavano quel periodo "l'inverno dell'intelligenza artificiale"¹¹.

⁶ Fra le opere più significative di tali autori, che hanno segnato i passaggi più rilevanti del percorso di studio sull'intelligenza artificiale nel ventesimo secolo, è possibile in particolare menzionare R. Penrose, *La mente nuova dell'imperatore*, Milano, Rizzoli, 1992; J.R. Searle, *Menti, cervelli e programmi. Un dibattito sull'intelligenza artificiale*, Milano, Clup-Clued, 1984; D.C. Dennett, *Brainstorms. Saggi filosofici sulla mente e la psicologia*, Milano, Adelphi, 1992; D.R. Hofstadter e D.C. Dennett, *L'io della mente*, Milano, Adelphi, 1993; D.R. Hofstadter, *Goedel, Escher, Bach. Un'eterna ghirlanda brillante*, Milano, Adelphi, 1984; D.R. Hofstadter, *Concetti fluidi e analogie creative*, Milano, Adelphi, 1996.

⁷ G.F. Italiano, *Intelligenza artificiale: passato, presente, futuro*, 211.

⁸ Sul funzionamento e la struttura di SHRDLU si veda D.R. Hofstadter, *Goedel, Escher, Bach. Un'eterna ghirlanda brillante*, Milano, Adelphi, 1979, 677. Si veda inoltre J. Kaplan, *Intelligenza artificiale. Guida al prossimo futuro*, Roma, Luiss University Press, 2016, 45.

⁹ D.R. Hofstadter e Melanie Mitchell, *Il progetto Copycat: un modello della fluidità mentale e della creazione di analogie*, in *Concetti fluidi e analogie creative*, D.R. Hofstadter (ed.), Milano, Adelphi, 1995, 225.

¹⁰ Sul punto J. Kaplan, *Intelligenza artificiale. Guida al prossimo futuro*, 72.

¹¹ R. Kurzweil, *La singolarità è vicina*, Rimini, Maggioli, 2014, 258, osserva: "Negli anni Settanta è nata una gran

Questa condizione, nella quale l'informatica comunemente adoperata si distanziava dall'obiettivo di ottenere intelligenze artificiali, si è protratta fino all'inizio dell'attuale secolo.

Invece, negli sviluppi degli ultimi quindici anni, il dominio della *computer science* ha conosciuto uno scatto evolutivo sostanziale. Infatti, il progresso tecnologico recente e, in particolare, il raggiungimento di una capacità di calcolo di diversi ordini di grandezza superiori al passato¹², ha condotto alla produzione di *software* che, installati nelle piattaforme e nei *devices* a più ampia diffusione commerciale, adoperano sistemi non più fondati su algoritmi rigidi tradizionali, bensì su architetture di reti neurali artificiali, le quali operano per mezzo di processi di *machine learning*¹³ in cui la macchina non si limita ad eseguire istruzioni predeterminate ma apprende con l'esperienza e ri-orienta progressivamente la propria azione, acquisendo così spazi di determinazione autonoma rispetto ai comandi inizialmente impressi dal programmatore¹⁴.

Strutture di questo tipo, che sono correttamente qualificabili come intelligenze artificiali, oggi sono presenti in una componente significativa dei sistemi di cui si serve l'utenza comune, fra cui i motori di ricerca, i traduttori automatici, le piattaforme di *e-commerce*, i sistemi di riconoscimento facciale e gli assistenti vocali installati nei comuni *smartphone*, nonché gli *smart speaker* presenti in molte abitazioni, che rappresentano gli elementi più iconici dell'*internet of things*¹⁵.

quantità di aziende di IA ma, quando non si sono materializzati i profitti previsti, c'è stato uno sgonfiamento negli anni Ottanta, quello che è stato chiamato «l'inverno dell'IA»⁷. Si veda anche, sul punto, G. F. Italiano, *Intelligenza artificiale: passato, presente, futuro*, 213, nonché A. Caselli, *Dagli artifici dell'intelligenza all'intelligenza artificiale*, in *Intelligenza artificiale, protezione dei dati personali e regolazione*, F. Pizzetti (ed.), Torino, Giappichelli, 2018, 201.

¹² G. F. Italiano, *Intelligenza artificiale: passato, presente, futuro*, 213.

¹³ Il *machine learning* è definito da P. Domingos, *L'algoritmo definitivo*, Torino, Bollati Boringhieri, 2016, 15, come "qualcosa di completamente nuovo: una tecnologia che si costruisce da sé". Per un approfondimento si veda J. Kaplan, *Intelligenza artificiale. Guida al prossimo futuro*, 57.

¹⁴ Sulla distinzione fra algoritmo tradizionale e intelligenza artificiale si veda R. Angelini, *Intelligenza artificiale e governance. Alcune riflessioni di sistema*, in *Intelligenza artificiale, protezione dei dati personali e regolazione*, F. Pizzetti (ed.), Torino, Giappichelli, 2018, 294.

¹⁵ Sul legame fra *Internet of things* e intelligenza artificiale si veda D. Benedetti, *IA e (in)sicurezza informatica*, in *Intelligenza artificiale, protezione dei dati personali e regolazione*, F. Pizzetti (ed.), Torino, Giappichelli, 2018, 242. Circa l'uso delle reti neurali artificiali per la sintesi vocale, si veda lo studio sul sistema sviluppato da Google, denominato "Tacotron 2", in J. Shen, R. Pang, R.J. Weiss, M. Schuster, N. Jatly, Z. Yang, Z. Chen, Y. Zhang, Y. Whang, R.J. Skerry-Ryan, Rif. A. Saurous, Y. Agiomyrgiannakis, e Y. Wu, *Natural TTS Synthesis by*

Come osservavamo, carattere comune di questi sistemi è il fatto che il *software* su cui si basa la loro azione non è integralmente predeterminato dal programmatore alla maniera degli algoritmi tradizionali¹⁶, bensì è in grado di auto-modificarsi attraverso processi di apprendimento della macchina. In altri termini, il computer può assimilare la realtà con cui si confronta e migliorare progressivamente nel tempo la propria resa, giungendo a generare *output* che trascendono le previsioni di chi ha compilato le istruzioni iniziali, per cui il prodotto dell'azione dell'elaboratore (per esempio, la traduzione di un testo, la formulazione di una proposta commerciale, o la composizione di un brano musicale)¹⁷ non è più ascrivibile nella sua totalità alle determinazioni originarie che il programmatore ha impresso nel *software*¹⁸.

Conditioning Wave Net on Mel Spectrogram Predictions, in ArXiv:1712.05884 (arXiv.org), Ithaca, NY, Cornell University Library, 16 febbraio 2017. Sulle tecniche di riconoscimento vocale si veda anche P. Domingos, *L'algoritmo definitivo*, 187.

¹⁶ Il concetto di algoritmo "tradizionale", ovvero sequenziale e totalmente predeterminato, è efficacemente definito da L. Lombardi Vallauri, *Neuroni, mente, anima, algoritmo: quattro ontologie*, in *Logos dell'essere logos della norma*, L. Lombardi Vallauri (ed.), Bari, Adriatica Editrice, 1999, 586, dove l'Autore scrive "Come algoritmo intendo qui un insieme di istruzioni tale che facendole eseguire a un sistema fisico si ottiene una sequenza finita, solitamente certa, solitamente conclusiva, di operazioni. Certa = in ogni momento discreto della sequenza dev'essere determinato lo stato del sistema nel momento discreto successivo. Conclusiva = le operazioni devono tutte dare un risultato preciso, così che la procedura giunga comunque a un risultato finale preciso. Istruzione = disposizione data al sistema, del tipo «se ti trovi nello stato x, portati nello stato y»". Nello stesso senso si esprime R. Borruso, *La legge, il giudice, il computer*, in *Dalla giuritecnica all'informatica giuridica*, D. Limone (ed.), Milano, Giuffrè, 1995, 24, dove l'Autore afferma: "Il software non è altro che lo sviluppo esecutivo, espresso in un linguaggio comprensibile anche alla macchina, di una o più idee fondamentali sotto forma di regole la cui applicazione, dato un qualsiasi problema, porta ad una soluzione sicuramente esatta. Questo complesso di regole, in informatica come in matematica, si chiama algoritmo". Si veda anche, sul punto, la trattazione di R. Borruso, S. Russo, e C. Tiberi, *L'informatica per il giurista*, 207, dove gli autori adoperano la definizione per cui "L'algoritmo è una successione finita di passi (intesi come istruzioni), ognuno dei quali definito ed eseguibile, che opera su dati producendo risultati".

¹⁷ Sulla capacità delle intelligenze artificiali di comporre musica si veda P. Domingos, *L'algoritmo definitivo*, 234.

¹⁸ In relazione all'imprevedibilità dell'azione delle intelligenze artificiali, è opportuno richiamare G. Sartor, *Gli agenti software e la disciplina giuridica degli strumenti cognitivi*, in *Il diritto dell'informazione e dell'informatica*, vol. 19, n.1, 2003, 62, dove l'Autore distingue fra i due concetti di imprevedibilità teorica e imprevedibilità pratica degli Agenti Software, dove la prima consiste nel fatto che la complessità dei sistemi "rende una previsione accurata del comportamento degli AS molto difficile e anzi impossibile in molte situazioni", mentre l'imprevedibilità pratica consiste nel fatto che "per l'utilizzatore di un AS, dedicare le proprie energie all'esatta previsione del comportamento del proprio AS sarebbe in contraddizione con la ragione per la quale sta utilizzando l'AS, cioè

Dunque, gli anni dieci dell'attuale secolo possono essere identificati come il periodo in cui si è fuoriusciti dall'inverno dell'intelligenza artificiale e si è concretizzata la sua riuscita commerciale e massiva. Nel contempo, chiaramente, questo non significa che attualmente ci si trovi in uno stadio evolutivo avanzato; viceversa, i sistemi installati negli odierni computer, negli *smartphone* e negli altri *devices* rappresentano esperienze embrionali rispetto alle potenzialità di sviluppo delle architetture di *machine learning*.

Il perseguimento delle forme più compiute di intelligenza artificiale, quindi, continua a costituire l'orizzonte ultimo dell'informatica. La letteratura scientifica adopera l'espressione "singolarità tecnologica"¹⁹ per indicare il momento futuro in cui disporremo di intelligenze artificiali ampiamente evolute – o, meglio, di "superintelligenze" cioè di macchine con capacità cognitive superiori a quelle dell'uomo²⁰ – per cui si creerà una condizione nella quale la rapidità del progresso tecnologico sarà superiore ad ogni capacità di predire il suo avanzamento²¹.

Oggi, pertanto, assistiamo alle prime manifestazioni di macchine certamente non ancora qualificabili nel senso più avanzato come "pensanti", ma che cominciano a compiere azioni e attività che fino pochi anni addietro erano considerate potenzialità esclusive del cervello biologico e si ritenevano precluse alla macchina, ovvero comprendere il linguaggio naturale e condurre conversazioni non strutturate, riconoscere volti e voci, tradurre testi, guidare automobili nel traffico, comporre musica e disegnare opere artistiche, secondo modelli di apprendimento in che inducono progressivi miglioramenti nel tempo attraverso l'esperienza²².

2. Lo stato evolutivo attuale

Allo scopo di comprendere quale sia lo stadio

delegare all'AS i compiti cognitivi implicati nell'attività affidata allo stesso AS".

¹⁹ Sul concetto di "Singolarità tecnologica", è certamente determinante l'opera di R. Kurzweil, *La singolarità è vicina*, 8, dove l'Autore spiega che essa è "un periodo futuro in cui il ritmo del cambiamento tecnologico sarà così rapido e il suo impatto così profondo, che la vita umana ne sarà trasformata in modo irreversibile", nonché l'opera di D. Orban, *Singolarità. Con che velocità arriverà il futuro*, Milano, Hoepli, 2015, 67, dove l'Autore afferma che "L'espressione «singolarità tecnologica» è stata introdotta da Vernon Vinge a una conferenza organizzata dalla NASA nel 1993, e rappresenta un momento nella storia in cui, con l'introduzione delle intelligenze artificiali forti, non esiste più la possibilità di fare previsioni utili sul futuro".

²⁰ N. Bostrom, *Superintelligenza. Tendenze, pericoli, strategie*, Milano, Bollati Boringhieri, 2018, 23.

²¹ Su queste tematiche si vedano le riflessioni di L. De Biase e T. Pievani, *Come saremo*, Milano, Codice Edizioni, 144.

²² G. F. Italiano, *Intelligenza artificiale: passato, presente, futuro*, 216.

evolutivo presente dell'intelligenza artificiale, è possibile richiamare uno studio recente, pubblicato nel 2017 da un gruppo di ricercatori della *Chinese Academy of Science*, che è consistito nel misurare il quoziente intellettivo dei sistemi di reti neurali sulla cui base operano gli assistenti vocali dei più comuni *smartphone*, secondo parametri raffrontabili con quelli adottati per la mente umana²³. Tale ricerca ha assegnato il valore più elevato – corrispondente ad un quoziente intellettivo di 47,8 – all'assistente vocale di Google, nonché il valore di 32,92 alla piattaforma cinese Baidu, e quello di 31,98 al *software* su cui è basato il sistema Bing di Microsoft; infine, ha attribuito il quoziente di 23,94 all'assistente vocale Siri dei dispositivi Apple. Nel medesimo studio si ricorda, come termine di raffronto, che il quoziente d'intelligenza normale di un essere umano di 18 anni è pari a 97, quello di una persona di dodici anni corrisponde a 84,5 e quello di un bambino di sei anni è pari, di regola, a 55,5.

Da tale ricerca, pertanto, è possibile evincere che oggi i *software* commerciali più evoluti installati nei *devices* di uso comune manifestano un grado di intelligenza assimilabile allo stato cognitivo di un essere umano di circa quattro o cinque anni di età. Si tratta di un dato che si presta ad una doppia lettura. Per un verso, esso ci indica che ci troviamo in una fase del tutto prodromica, tale per cui devono intervenire sensibili progressi affinché i computer manifestino un'intelligenza assimilabile allo stato cognitivo di una persona adulta. Per altro verso, però, è possibile asserire che, seppure in una forma non ancora matura, le intelligenze artificiali sono presenti nella vita concreta delle persone e quindi ha già avuto luogo lo scatto verosimilmente più importante nella linea evolutiva del *software*.

Un elemento in relazione al quale lo sviluppo delle intelligenze artificiali appare ancora poco evoluto, attiene alla loro “non-universalità”. Infatti, i sistemi che attualmente adoperano tecnologie di *machine learning* sono orientati a compiere ciascuno una azione specifica: per esempio riconoscere volti, oppure tradurre testi o, ancora, condurre conversazioni. Non esiste attualmente, nell'offerta generalista e commerciale, un *software* che si configuri come “intelligenza artificiale” in senso onnicomprensivo, cioè che compia indistintamente tutte o, almeno, una quantità significativa e diversificata di tali azioni.

In ragione di questi aspetti, dal punto di vista terminologico, in questa fase può apparire più

corretto adoperare l'espressione plurale “intelligenze artificiali” piuttosto che la declinazione al singolare.

Peraltro, anche sotto questo profilo, è possibile ottenere un criterio utile per individuare il momento futuro in cui l'intelligenza artificiale raggiungerà la sua forma più compiuta: si tratta del tempo in cui sarà realizzato quello che è stato chiamato “l'algoritmo definitivo”²⁴, vale a dire, un sistema di *machine learning* universale, non specializzato nel compimento di singole azioni ma capace di svolgere qualunque attività ascrivibile alla nozione di “intelligenza” e di risolvere ogni forma di problema, attraverso un unico processo generale di auto-apprendimento.

Si tratta di un obiettivo sul quale si concentrano ampie ricerche. Nello stesso tempo, nel ragionare su tali prospettive occorre ravvisare che, almeno in alcune circostanze, vi sono già ora situazioni in cui diversi osservatori sono condotti a ritenere che l'intelligenza artificiale sia presente nella sua forma più evoluta.

Per esempio, nel giugno 2014 si è verificato un episodio che ha richiamato l'attenzione non solo degli informatici, ma anche dei media generalisti: secondo l'opinione di una pluralità di studiosi, un *software* chiamato “Eugene Goostman” avrebbe superato il test di Turing²⁵, nell'ambito di un esperimento controllato, organizzato dalla Royal Society di Londra. Tale prova, svoltasi secondo i canoni “storici” del gioco dell'imitazione, ha dato luogo ad un risultato in cui una parte significativa degli operatori con cui la macchina conversava non è stata in grado di distinguerla da un interlocutore umano. Tuttavia, anche in relazione a tale caso, occorre anzitutto ravvisare che non tutti gli osservatori sono stati concordi nel considerare che effettivamente si fossero soddisfatte le condizioni per il superamento del test, a causa di alcuni condizionamenti volti ad attenuare le difficoltà del *software* (per esempio il fatto che si fosse presentato all'interlocutore umano come un tredicenne non madrelingua)²⁶. Nel contempo, anche assumendo che la prova abbia avuto pieno successo, tale esperienza costituirebbe un caso circostanziato, ovvero: si potrebbe accettare l'asserzione per cui in quel luogo e in quel momento si è manifestata un'intelligenza artificiale, tuttavia questa constatazione non avrebbe implicazioni pratiche e operative di

²⁴ P. Domingos, *L'algoritmo definitivo*, 18.

²⁵ L'esperimento è descritto in modo analitico in K. Warwick e H. Shah, *Can machines think? A report on Turing test experiments at the Royal Society*, in *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, vol. 28, n. 6, 2016, 989. Si veda anche S. Iannaccone, *Un computer ha superato il test di Turing*, in *Wired.it*, 9 giugno 2014.

²⁶ C. Biever, *No Skynet: Turing test 'success' isn't all it seems*, in *New Scientist*, 9 giugno 2014, consultabile all'indirizzo: www.newscientist.com/article/2003497-no-skynet-turing-test-success-isnt-all-it-seem.

ampio spettro, perché non inciderebbe sul fatto che attualmente tale livello di avanzamento è assente nei sistemi di reti neurali installati nei dispositivi comunemente adoperati dagli individui, i quali, invece, contengono forme meno evolute e più settoriali di intelligenza artificiale.

In aggiunta a queste considerazioni, un fattore di cui occorre tenere conto al fine di ottenere una visione complessiva dello stadio evolutivo attuale, risiede nella constatazione per cui oggi le prime forme di intelligenza artificiale convivono con i *software* tradizionali, ovvero con i programmi informatici fondati su algoritmi rigidi, predeterminati, non dotati di intenzionalità e di capacità di auto-modificazione. Infatti, questi ultimi continuano a governare una parte significativa dell'operatività dei dispositivi elettronici (quella di ordine più esecutivo e di natura meccanica), e verosimilmente nel futuro immediato continueranno a farlo, senza che abbia luogo una loro immediata estinzione.

È possibile quindi asserire che nel passaggio storico che stiamo ora conoscendo esistono, simultaneamente, due tipologie di informatica che avanzano su binari paralleli: quella "tradizionale" in cui il contenuto del *software* si identifica totalmente nella volontà del programmatore, e quella fondata sull'intelligenza artificiale in cui il calcolatore, attraverso il *machine learning*, assume una (pur embrionale) autonomia d'azione e genera *output* che vanno oltre i possibili risultati predetti da chi ha compilato il codice sorgente iniziale.

Quest'ultima distinzione appare determinante nel momento in cui si intende indagare la natura del programma informatico sotto qualunque aspetto, e ragionare su ogni implicazione del suo utilizzo in ogni contesto.

3. Le intelligenze artificiali in ambito istituzionale

Il percorso di analisi che fino ad ora abbiamo condotto attiene allo sviluppo e all'utilizzo delle tecnologie nel contesto generale – lavorativo, commerciale, ludico – della vita delle persone.

Su questo sfondo, emerge l'esigenza di comprendere quali siano le implicazioni più specifiche dell'uso dell'intelligenza artificiale nell'area di azione delle istituzioni pubbliche. In particolare, è legittimo domandarsi in che modo le amministrazioni dello Stato vivano questo momento di transizione tecnologica, ovvero: in che misura i decisori istituzionali possono adoperare le intelligenze artificiali attualmente disponibili nell'esercizio delle proprie funzioni, e se sia necessaria una differenza di approccio (e in caso affermativo, di che ordine) fra l'uso del *machine learning* in ambito privato-commerciale e nella sfera pubblica-istituzionale.

Certamente la questione è in sé stessa

complessa, per cui le risposte risultano necessariamente articolate.

Il punto di partenza da cui occorre muovere l'analisi è la constatazione del fatto che la pubblica amministrazione, in Italia come in larga parte degli altri sistemi giuridici, oggi conosce già molteplici esperienze di automazione "classica" dell'emissione di provvedimenti, basata su algoritmi predeterminati tradizionali, fondati sullo schema "Input – sequenza di istruzioni – output"²⁷. Ciò avviene in macro-ambiti nei quali l'emissione di provvedimenti ad elaborazione elettronica costituisce una pratica pluridecennale, sperimentata e consolidata: si pensi, per esempio, all'intero settore dell'*e-procurement* (e in particolare alle aggiudicazioni attraverso gli algoritmi delle aste elettroniche e dei sistemi dinamici di acquisizione)²⁸, oppure al settore fiscale, alla contabilità pubblica o, ancora, all'emissione automatizzata di sanzioni per violazione del codice della strada o, anche, all'uso di sistemi automatizzati per la valutazione delle prove preliminari nei concorsi pubblici.

Queste forme di automazione amministrativa – che evidentemente non prevedono in alcun modo il ricorso ad intelligenze artificiali – sono ormai ampiamente ed opportunamente inquadrare sul piano giuridico²⁹. In particolare, per quanto attiene la nostra analisi, occorre focalizzare l'attenzione sul fatto che in queste circostanze, anche se l'emissione dei singoli atti amministrativi ha luogo automaticamente ad opera della macchina, il momento in cui si forma la manifestazione di volontà che tali atti esprimono è interamente "condensato" nelle istruzioni del programma informatico. Dunque, l'imputazione degli atti è ascrivibile all'amministrazione che ha compilato l'algoritmo (o che lo ha commissionato a terzi facendolo proprio), e l'*output*-provvedimento rappresenta una mera estrinsecazione di conseguenze giuridiche che già erano iscritte nelle stringhe del *software*.

²⁷ Sul punto si rinvia allo studio condotto in D. Marongiu *L'attività amministrativa automatizzata*, Rimini, Maggioli, 2005. Il primo studio ad avere approfondito è di A. Masucci, *L'atto amministrativo informatico*, Napoli, Jovene, 1993.

²⁸ Su tali aspetti si veda A.G. Orofino, *Forme elettroniche e procedimenti amministrativi*, Bari, Cacucci, 2008. 237. Si veda inoltre M. Mancarella, *L'e-procurement della pubblica Amministrazione: l'esperienza dell'e-marketplace*, in *Profili negoziali e organizzativi dell'amministrazione digitale*, M. Mancarella (ed.), Trento, Tangram, 2009, nonché A. Tancredini, *Appalti elettronici e aste on-line nell'impianto normativo e nelle esperienze concrete*, in *Giustizia amministrativa*, n. 9, 2009, 149, e A. Masucci, *Le aste elettroniche e la modernizzazione delle procedure di aggiudicazione*, in *Giornale di diritto amministrativo*, vol. 19, n. 3, 2013, 317.

²⁹ Si veda su questi aspetti M.C. Cavallaro e G. Smorto, *Decisione pubblica e responsabilità dell'amministrazione nella società dell'algoritmo*, in *Federalismi.it*, n. 16, 2019, 9.

Daniele Marongiu

La dottrina giuridica ha potuto constatare come questa forma di automazione basata sull'informatica "classica" possa aver luogo sia nel caso dell'attività vincolata (dove, nei fatti, il programma informatico rappresenta la "traduzione" delle norme di legge in linguaggio di programmazione, al netto della possibilità di superare le ambiguità semantiche)³⁰, sia in alcune forme di attività discrezionale, quando il potere di scelta dell'amministrazione verte su circostanze fortemente standardizzate, riconducibili a parametri quantitativi; in questo secondo caso, poiché il programma informatico è sede di determinazione dei criteri che la macchina applicherà ai casi concreti, l'automazione è inquadrata come forma legittima di autolimita della discrezionalità amministrativa³¹.

Peraltro, proprio considerazioni di quest'ordine hanno condotto il Giudice Amministrativo, negli anni più recenti, ad utilizzare il concetto (già elaborato precedentemente dalla dottrina) di "atto-software", ovvero a dichiarare che il programma informatico adoperato per automatizzare processi decisionali ha natura di provvedimento amministrativo, proprio perché esso rappresenta l'unica sede di manifestazione della volontà della pubblica amministrazione. È argomentata in questo senso, fra altre, la sentenza n. 2270 del 2019 del Consiglio di Stato³², attraverso la quale si è stabilito che il programma informatico, data la sua natura assimilata a quella di un atto amministrativo, deve essere pienamente soggetto alla giurisdizione amministrativa. Il Giudice, a tale proposito, ha in particolare affermato che "anche se si è al cospetto di una scelta assunta attraverso una procedura informatica, non può che essere effettiva e di portata analoga a quella che il giudice esercita all'esercizio del potere con modalità tradizionali", e quindi "la decisione amministrativa automatizzata impone al giudice

³⁰ Si veda sul punto G. Duni, *L'amministrazione digitale*, 75. Sulla questione specifica del software come "traduzione" della legge in linguaggio informatico si veda R. Borruso, *La legge, il giudice, il computer*, 14, in particolare dove afferma che "la parola istruzione in informatica significa semplicemente ordine da eseguire, corredato di tutti i dati e le indicazioni necessarie perché sia eseguito da una macchina, Intesa come ordine (cioè come «imperativo»), l'istruzione è molto simile a una norma di legge", e rimarcava che "L'affinità tra «istruzioni di programma» e «norma di legge» consente uno studio parallelo interessantissimo per l'informatico e per il giurista, perché le esperienze dell'uno si rivelano utili per l'altro".

³¹ Su questi aspetti si veda A. Masucci, *Procedimento amministrativo e nuove tecnologie*, Torino, Giappichelli, 2011, 94, nonché P. Otranto, *Decisione amministrativa e digitalizzazione della p.a.*, in *Federalismi.it*, n. 2, 2018, 15. Si rinvia inoltre a D. Marongiu, *L'attività amministrativa automatizzata*, Rimini, Maggioli, 2005, 65.

³² La sentenza è consultabile nella banca dati del sito istituzionale della giustizia amministrativa: www.giustizia-amministrativa.it.

di valutare in primo luogo la correttezza del processo informatico in tutte le sue componenti"³³.

Quello ora descritto costituisce lo scenario normale e consolidato dell'automazione amministrativa, riconducibile nella sua interezza alle fasi dell'informatica "pre-intelligenza artificiale"³⁴.

Appare invece profondamente diverso il discorso relativo al possibile uso negli enti pubblici di *software* fondati sull'uso dell'intelligenza artificiale, delle reti neurali e delle tecniche di *machine learning*.

In questo caso, infatti, pur a fronte di autorevoli studi che, soprattutto sul versante della filosofia del diritto, affrontano da tempo la questione³⁵, sul piano operativo non si hanno esperienze consolidate, ma anzi si è ora in una fase pienamente esplorativa, con un evidente *gap* del settore pubblico rispetto al contesto privatistico-commerciale. Per queste ragioni, l'inquadramento dottrinale, normativo e giurisprudenziale dell'uso dell'intelligenza artificiale nella sfera istituzionale appare ancora fluido rispetto a quello relativo all'automazione per algoritmi tradizionali, e il dibattito si trova proprio in questi anni nella sua fase più viva e aperta.

In ogni caso, una certezza già acquisita è che l'approccio giuridico ad un'automazione amministrativa mediata da intelligenze artificiali deve essere necessariamente diverso rispetto a quello riferito alle esperienze di soggetti privati. Infatti, la trasposizione in ambito pubblicistico di ciò che già avviene in contesti non-istituzionali, richiede precauzioni, cautele e attenzioni amplificate.

Nel caso specifico, in particolare, l'attenzione va posta sul fatto che con il "salto di livello" dall'informatica classica all'uso dell'intelligenza

³³ Sul riconoscimento della natura documentale e provvedimentale del *software* nella giurisprudenza amministrativa si vedano M. Iaselli, *Diritto di accesso all'algoritmo*, TAR Lazio apre nuovi scenari, in *Altalex*, pubblicato il 17 maggio 2017, ed E. Belisario, *Il Tar del Lazio sancisce il diritto di accesso all'algoritmo*, in *Leggi oggi*, 28 aprile 2017. Sulla sindacabilità del *software* si veda G. Austa, *L'uso di algoritmi nelle gare pubbliche; stato della giurisprudenza e problemi irrisolti*, in *Agendadigitale.eu*, 14 febbraio 2020.

³⁴ Su tale percorso si veda M. Pietrangelo, *Le pubbliche amministrazioni sul web tra comunicazione, consultazione e partecipazione*, in *La tecnificazione*, S. Civitarese Matteucci e L. Torchia (eds.), Firenze, Firenze University Press, 2016, 98.

³⁵ Ricordiamo, fra i molti studi, G. Taddei Elmi, *Logos e intelligenza artificiale*, in *Logos dell'essere e logos della norma*, L. Lombardi Vallauri (ed.), 603; G. Sartor, *Gli agenti software e la disciplina giuridica degli strumenti cognitivi*, in *Il diritto dell'informazione e dell'informatica*, vol. 19, n. 1, 2003, 55; R. Borruso, *La legge, il giudice, il computer*, 1; G. Sartor, *L'intenzionalità dei sistemi informatici e il diritto*, in *Rivista trimestrale di diritto e procedura civile*, vol. 57, n. 1, 2003, 23.

artificiale ai fini dell'esercizio del potere pubblico, non si avrebbe più un pieno controllo da parte della pubblica amministrazione sull'azione del computer, poiché, se il *software* è in grado di apprendere e auto-modificare i processi attraverso cui emette gli *output*, raffinando autonomamente le proprie capacità, appare evidente che la macchina diviene capace di andare oltre le regole stabilite nel momento in cui è stata inizialmente programmata. Ciò, evidentemente, ha significative implicazioni su tematiche chiave come il rispetto delle garanzie procedurali, l'imputabilità delle decisioni e la responsabilità della pubblica amministrazione.

Per queste ragioni risulta opportuno riporre una particolare attenzione finalizzata a tracciare la linea di confine entro cui è ammissibile l'uso delle intelligenze artificiali nella sfera pubblicistica-amministrativa.

La questione, in verità, già negli anni scorsi ha ricevuto attenzioni da parte dei governi di diversi paesi, presso i quali sono stati commissionati studi ed emanati documenti istituzionali orientati ad accompagnare il processo di introduzione dell'uso delle intelligenze artificiali nelle pubbliche amministrazioni, individuandone le potenzialità, valutandone i rischi, e offrendo strumenti di ponderazione.

Uno dei primi atti di tale natura è stato divulgato negli Stati Uniti nell'ottobre del 2016 da parte dell'amministrazione Obama; è intitolato *Preparing for the future of artificial intelligence* ed esplora il potenziale impatto dell'intelligenza artificiale sia nel settore privato che in quello pubblico³⁶. Tale documento, dopo una parte introduttiva in cui ricostruisce la nozione e la storia dell'intelligenza artificiale in termini generali, esamina in chiave critica sia le potenzialità della sua introduzione nel contesto governativo-istituzionale – anche in settori delicati come la giustizia penale – che i rischi e le cautele che devono caratterizzare questa fase, giungendo alla conclusione per cui "L'intelligenza artificiale può rappresentare uno dei principali motori della crescita economica e del progresso sociale, se l'industria, la società civile, il governo e il pubblico lavorano insieme per supportare lo sviluppo della tecnologia, con una ponderata attenzione al suo potenziale e alla gestione dei rischi".

Similmente, sempre nel 2016, l'*Office for science* del Governo del Regno Unito ha pubblicato lo studio *Artificial intelligence: opportunities and implications for the future of decision making*, specificamente dedicato all'uso dell'intelligenza artificiale nel settore pubblico³⁷.

³⁶ Il documento è consultabile all'indirizzo [obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/micr/osites/ostp/NSTC/preparing_for_the_future_of_ai.pdf](https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/whitehouse_files/micr/osites/ostp/NSTC/preparing_for_the_future_of_ai.pdf).

³⁷ Il documento è consultabile all'indirizzo: assets.publi

Anche in questo caso il piano di analisi è duplice, da un lato nell'individuare le opportunità dei sistemi di *machine learning*, al fine di ottenere una maggiore equità e un più raffinato esame delle basi di dati, dall'altro lato nel sottolineare l'attuale "immaturità" dei sistemi, per cui «*There will always be a 'human in the loop'*».

Con un intento analogo, il 16 febbraio 2017 il Parlamento Europeo ha approvato una risoluzione recante *Raccomandazioni alla Commissione sulle norme di diritto civile in materia di robotica*³⁸. Si tratta di un documento che, come indica il titolo, ha il baricentro spostato sul versante civilistico e sul ruolo dei robot; nel contempo il suo contenuto, sotto molti aspetti, è estensibile al perimetro delle amministrazioni pubbliche. Inoltre, in tale atto il concetto di "robotica" non è inteso solo in senso fisico, ma anche in termini concettuali, estendendosi così ai sistemi *software* di intelligenza artificiale³⁹. Nel documento, muovendo da un richiamo alle tre leggi di Asimov sulla robotica⁴⁰, si asserisce che "l'Unione potrebbe svolgere un ruolo essenziale nella definizione dei principi etici fondamentali da rispettare per lo sviluppo, la programmazione e l'utilizzo di robot e dell'intelligenza artificiale (...) al fine di configurare la rivoluzione tecnologica in modo che essa serva l'umanità e affinché i benefici della robotica avanzata e dell'intelligenza artificiale siano ampiamente condivisi, evitando per quanto possibile potenziali insidie".

Con riferimento al nostro Paese, nel marzo 2018 l'Agenzia per l'Italia Digitale ha pubblicato il libro bianco *L'intelligenza artificiale al servizio del cittadino*⁴¹, che analizza "l'impatto dell'Intelligenza Artificiale nella nostra società e, più nello specifico, nella Pubblica

[shing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/566075/gs-16-19-artificial-intelligence-ai-report.pdf](https://www.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/566075/gs-16-19-artificial-intelligence-ai-report.pdf).

³⁸ Il documento è consultabile all'indirizzo: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/IT/ALL/?uri=CELEX%3A52017IP0051>.

³⁹ Ciò emerge, fra l'altro, dal "Considerando" per cui "l'umanità si trova ora sulla soglia di un'era nella quale robot, bot, androidi e altre manifestazioni dell'intelligenza artificiale sembrano sul punto di avviare una nuova rivoluzione industriale, suscettibile di toccare tutti gli strati sociali, rendendo imprescindibile che la legislazione ne consideri le implicazioni e le conseguenze legali ed etiche, senza ostacolare l'innovazione". Sul legame tra robotica e intelligenza artificiale si veda G. Taddei Elmi e F. Romano, *Il robot tra ius condendum e ius conditum*, in *Informatica e diritto*, n. 1, 2016, 120, nonché C. Trevisi, *La regolamentazione in materia di Intelligenza artificiale, robot, automazione: a che punto siamo*, in *Rivista di diritto dei media*, n. 1, 2018.

⁴⁰ Per una lettura in chiave giuridica delle leggi di Asimov sulla robotica, si veda A. Caselli, *Dagli artifici dell'intelligenza all'intelligenza artificiale*, 198.

⁴¹ Il documento è consultabile all'indirizzo: <https://ia.italia.it/assets/librobianco.pdf>.

amministrazione” con l’obiettivo di “facilitare l’adozione di queste tecnologie da parte dello Stato, per migliorare i servizi ai cittadini e alle imprese, dando così un impulso decisivo all’innovazione, al buon funzionamento dell’economia e, più in generale, al progresso nella vita quotidiana”⁴².

Il libro bianco dell’AGID contiene anzitutto – similmente ai documenti analoghi degli altri paesi – una ricostruzione, in termini divulgativi, dei concetti-chiave su cui si fonda l’intelligenza artificiale e della sua storia evolutiva, non solo passata, ma anche futura, in quanto riporta una sequenza di previsioni circa alcuni verosimili prossimi traguardi, fra cui, nel 2024 “tradurre il linguaggio parlato”, nel 2027 “incidere una canzone pop che entrerà nella top 40”, nel 2053 “eseguire interventi chirurgici”, nel 2059 “eseguire ricerche di matematica” e nel 2061 “sostituire l’uomo in ogni attività”. Il medesimo documento porta avanti un’analisi di ordine sociologico sull’impatto nel presente e nel futuro prossimo delle innovazioni in esame sulla vita delle persone, richiamando e aggiornando la polarizzazione fra “apocalittici e integrati” che Umberto Eco proponeva in un suo saggio del 1964⁴³ e, sulla base di tali premesse, descrive i profili etici, tecnologici, giuridici e politici che dovranno costituire le coordinate per chi, in sede governativa, dovrà gestire la migrazione delle pubbliche amministrazioni verso i paradigmi dell’intelligenza artificiale.

4. Intelligenze artificiali nel servizio pubblico e nel potere pubblico

Una considerazione che può essere tratta dalla lettura dei documenti istituzionali dei diversi paesi, alla luce della dottrina giuridica in materia, è che ogni ipotesi circa il possibile e immediato uso dell’intelligenza artificiale nelle pubbliche amministrazioni, non solo esige cautele e attenzioni ispessite rispetto al contesto privatistico-commerciale, ma, soprattutto, richiede una macro-distinzione in due versanti di analisi differenti, in relazione ai quali la questione assume connotazioni differenti.

Tale distinzione è connessa al duplice ruolo dell’amministrazione, come servizio pubblico e come potere pubblico. Infatti, come sarà possibile osservare di seguito in dettaglio, nel

primo caso le opportunità prevalgono sulle difficoltà, mentre nel secondo caso la situazione si inverte⁴⁴.

Con riferimento al servizio pubblico, ci si trova evidentemente nella sfera d’azione amministrativa che corrisponde alle prestazioni del *welfare state*, connaturate dall’assenza dell’uso del potere unilaterale, quindi caratterizzate, sul piano giuridico, dal ricorso a strumenti di natura contrattuale-orizzontale.

Su questo versante, è possibile asserire con ragionevole certezza che i sistemi di intelligenza artificiale possono essere adoperati proficuamente già ora, senza significative limitazioni di ordine giuridico-amministrativo, sostanzialmente importando sul piano pubblicistico i modelli già di successo nel settore privato.

Tale approccio riguarda in particolare i sistemi dei trasporti, della sanità, dell’energia, della cultura⁴⁵, ovvero quelle componenti la cui razionalizzazione complessiva converge nella formazione del concetto di *smart city*, in cui la gestione congiunta e organizzata dei dati e l’erogazione coordinata dei servizi può essere fin da ora portata al massimo grado attraverso *software* fondati su sistemi di *machine learning*. D’altra parte, la stessa *smart city* appare sia concettualmente che materialmente come la sovrapposizione di strutture a rete, che ben si presta ad essere incorporata nella “mente” di una rete neurale artificiale, che ne possa governare sia gli aspetti immateriali che quelli materiali, nello scenario già attuale dell’*internet of things*⁴⁶.

⁴⁴ Su tale fondamentale distinzione si veda M. D’Alberty, *Lezioni di diritto amministrativo*, Torino, Giappichelli, 2017, 173. Sulla nozione di servizio pubblico si veda F.G. Scoca, *Diritto Amministrativo*, Torino, Giappichelli, 2008, 538.

⁴⁵ Fra le prime esperienze in Italia, il Gruppo Torinese Trasporti adotta un sistema per le informazioni relative alle linee e agli orari dei bus, che sfrutta il sistema di messaggistica Telegram, nel quale l’utente, in luogo di una navigazione strutturata, può richiedere e ottenere le informazioni portando avanti un dialogo naturale. Si veda in proposito R. Franco, *Chatbot per la PA: l’esperienza del Piemonte*, in *Agendadigitale.eu*, 6 aprile 2018. In modo simile, la Regione Toscana ha finanziato un progetto, denominato “SEM”, sviluppato nel 2017 da società private in collaborazione con l’Università di Pisa, per lo sviluppo di sistemi di chatbot. Sistemi analoghi sono adoperati dal Ministero italiano dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, con la chatbot “Musei Italiani”, nella piattaforma Telegram, e dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, nei propri profili sui social network.

⁴⁶ Al riguardo, si vedano le profonde riflessioni di S. Rodotà, *Il diritto di avere diritti*, Bari, Laterza, 2012, 324, dove L’Autore osserva: “Ci inoltriamo così in una dimensione nella quale la crescita delle interconnessioni crea un ambiente intelligente che segue in tempo reale le persone, ne configura gli sviluppi, esercitando così una funzione proattiva. Un ambiente nel quale già compaiono l’intelligenza artificiale e l’*ubiquitous computing*», il cui consolidarsi e diffondersi possono trovare proprio nell’Internet delle cose una spinta determinante”.

⁴² Su tale documento si veda l’analisi di S. Civitarese Matteucci, *Umano troppo umano. Decisioni amministrative automatizzate e principio di legalità*, in *Diritto pubblico*, n. 1, 2019, 12. Si veda inoltre M. Tresca, *I primi passi verso l’Intelligenza Artificiale al servizio del cittadino: brevi note sul Libro Bianco dell’Agenzia per l’Italia digitale*, in *Rivista di diritto dei media*, n. 3, 2018, 240.

⁴³ Si veda il Libro Bianco dell’AGID, a pagina 38. Il riferimento alla polarizzazione degli atteggiamenti rispetto alle tecnologie è all’opera di U. Eco, *Apocalittici e integrati*, Milano, Bompiani, 1964.

In tal senso, nel documento statunitense del 2016, in un paragrafo intitolato "*Applications of AI for Public Good*", si esprime il concetto per cui "Un'area di grande ottimismo circa l'intelligenza artificiale e l'apprendimento automatico è costituita dal loro potenziale per migliorare la vita delle persone, aiutando a superare alcune delle maggiori sfide e inefficienze del mondo", e in un altro passaggio si riconosce la portata unificante del ricorso all'intelligenza artificiale rispetto a problematiche eterogenee, laddove si afferma che "Le applicazioni AI hanno anche il potenziale per affrontare questioni globali come la prevenzione e la risposta alle catastrofi, i cambiamenti climatici, la natura, il traffico, il divario digitale, i posti di lavoro e le *smart cities*".

Questa medesima idea di indirizzamento al benessere complessivo del cittadino è presente anche nel libro bianco italiano, dove si evidenzia che "L'introduzione dell'Intelligenza Artificiale nel mondo comporta questioni esistenziali e psicologiche che è necessario affrontare in quanto influiscono sulla possibilità di percepire, comprendere ed agire sul mondo, e su come gli esseri umani vi si posizionano individualmente, rispetto alla società e all'ambiente, con impatti sostanziali su diritti, libertà e opportunità di realizzazione tanto personale che lavorativa"⁴⁷.

In questo senso, dunque, l'area dei servizi pubblici non solo può già ora fare proprio un pattern che già sussiste in molti servizi privati e che costituisce ormai la regola fra le grandi industrie del web, ma può arrivare a rappresentarne una versione "aumentata", il cui potenziale, certamente, è già pienamente espansibile, proprio in connessione al fatto che i servizi pubblici si avvalgono in larga parte di strumenti giuridici di ordine privatistico.

Profondamente diverso è, invece, il discorso legato all'altro emisfero dell'azione amministrativa, ovvero il potere pubblico.

In questo caso, l'approccio complessivo muta in ragione del fatto che ci si trova sul versante dell'azione verticistica-unilaterale, la quale si manifesta attraverso l'emissione di provvedimenti autoritativi che incidono sulla

sfera giuridica del destinatario senza il suo consenso. Appare pertanto evidente, anche a livello intuitivo, che l'introduzione di strumenti decisionali fondati sull'intelligenza artificiale incontra – allo stato attuale dell'avanzamento tecnologico – resistenze di diverso ordine sul piano materiale e giuridico. Vi è una marcata differenza fra affidare un servizio ad una rete neurale artificiale, oppure devolvere ad essa un potere.

Per queste ragioni, diviene opportuno individuare i punti nodali che richiedono un supplemento di attenzione e possono ancora destare perplessità circa l'uso delle reti neurali artificiali e del *machine learning* nell'attività provvedimentale.

5. La black box del machine learning e la (non) tracciabilità delle decisioni

Un profilo in relazione al quale l'applicazione dell'intelligenza artificiale alle decisioni amministrative richiede cautele rafforzate – almeno nel momento presente – attiene alla questione della tracciabilità dei processi decisionali, ovvero, all'obbligo di motivazione del provvedimento.

Il riferimento è, evidentemente, alla compatibilità fra l'assunzione di decisioni mediante sistemi di reti neurali e ciò che dispone la prescrizione-cardine sul procedimento amministrativo contenuta all'articolo 3 della legge 7 agosto 1990, n. 241, per cui "Ogni provvedimento amministrativo, compresi quelli concernenti l'organizzazione amministrativa, lo svolgimento dei pubblici concorsi ed il personale, deve essere motivato" e "La motivazione deve indicare i presupposti di fatto e le ragioni giuridiche che hanno determinato la decisione dell'amministrazione, in relazione alle risultanze dell'istruttoria"⁴⁸.

Questa disposizione costituisce evidentemente uno degli elementi portanti dell'intero sistema di garanzie dell'azione amministrativa, e indubbiamente si applica anche nell'ipotesi delle decisioni assunte attraverso *software*. In tale circostanza, in particolare, poiché il programma informatico rappresenta il *medium* attraverso cui si adotta una determinazione specifica in relazione ad un caso concreto, l'estrinsecazione della decisione deve essere accompagnata dall'illustrazione dei passaggi logici sulla cui base l'algoritmo ha

⁴⁷ Circa la funzionalizzazione dell'automazione e della digitalizzazione in generale, alla buona amministrazione, e quindi al benessere del cittadino, appare opportuno citare lo scritto postumo di L. Ortega Alvarez, *Amministrazione digitale e buona amministrazione*, in *Diritto amministrativo e innovazione*, D. Marongiu e I. Martín Delgado (eds.), Napoli, Edizioni Scientifiche Italiane, 2016, 276, in particolare dove l'Autore afferma, in relazione alla digitalizzazione: "Finirei osservando che questo nuovo principio corrisponde ad una formulazione del desiderio, che è stato sempre latente, di una buona amministrazione pubblica, il quale si è configurato come un diritto dei cittadini (...) e ciò va approfondito, perché oggi *good administration is e-administration*".

⁴⁸ Sulla motivazione si veda I. Marino, *Giudice amministrativo, motivazione degli atti e "potere" dell'amministrazione*, in *Foro amministrativo - T.A.R.*, vol. 2, n.1, 2003, 338. Si veda inoltre M. D'Alberti, *Lezioni di diritto amministrativo*, 45. In generale, sulle garanzie procedurali in relazione all'automazione si veda L. Viola, *L'intelligenza artificiale nel procedimento e nel processo amministrativo: lo stato dell'arte*, in *Federalismi.it*, n. 21, 2018, 14.

prodotto un determinato *output* (il provvedimento) a partire da uno specifico *input* (i dati relativi al caso di specie)⁴⁹.

Per queste ragioni, la questione della motivazione del provvedimento, e quindi della tracciabilità del percorso logico che conduce a ciascuna determinazione, si è posta già nell'ipotesi dell'attività amministrativa automatizzata "tradizionalmente" attraverso algoritmi rigidi e predeterminati che non comportano il ricorso ad intelligenze artificiali, i quali, come abbiamo osservato, sono già ora pienamente adoperati nell'attività autoritativa.

In particolare, con riferimento all'automazione per algoritmi tradizionali, la necessità della motivazione dei provvedimenti è stata oggetto di una pluralità di decisioni del giudice amministrativo. Fra queste, appare fra le più indicative la già citata sentenza del Consiglio di Stato n. 2270 del 2019, relativa alla formazione automatizzata, mediante un algoritmo *software*, delle graduatorie per il trasferimento degli insegnanti, nella quale l'estensore afferma che "la «caratterizzazione multidisciplinare» dell'algoritmo (costruzione che certo non richiede solo competenze giuridiche, ma tecniche, informatiche, statistiche, amministrative) non esime dalla necessità che la «formula tecnica», che di fatto rappresenta l'algoritmo, sia corredata da spiegazioni che la traducano nella «regola giuridica» ad essa sottesa e che la rendano leggibile e comprensibile, sia per i cittadini che per il giudice". In altri termini, non è sufficiente consentire l'accesso al *software* allo scopo di rendere conoscibile la determinazione in esso contenuto, ma deve essere resa disponibile, in forma "leggibile e comprensibile" (quindi, in linguaggio naturale, sotto forma di documento che accompagna il programma informatico), la ricostruzione dei suoi contenuti.

In modo altrettanto chiaro, nella sentenza del Tar Lazio n. 3769 del 2017, relativa ad un caso analogo al precedente, si afferma che "l'ammissibilità dell'elaborazione elettronica dell'atto amministrativo non è legata alla natura discrezionale o vincolata dell'atto quanto invece alla possibilità, che tuttavia è scientifica e non invece giuridica, di ricostruzione dell'iter logico sulla base del quale l'atto possa essere emanato per mezzo di procedure automatizzate quanto al relativo contenuto dispositivo". Dunque, non solo l'algoritmo-*software* deve essere accessibile in sé stesso, e "tradotto" nei suoi contenuti in una formulazione in chiaro, affinché sia intellegibile ai non-tecnici, ma deve essere anche ricostruibile l'iter logico sulla cui base esso agisce, conducendo così ad un pieno rispetto della

prescrizione della legge 241 circa la necessità di "indicare i presupposti di fatto e le ragioni giuridiche che hanno determinato la decisione dell'amministrazione"⁵⁰.

Quella ora illustrata è l'acquisizione attuale circa le forme di automazione ora in uso nelle amministrazioni, non fondate su tecniche di intelligenza artificiale, in relazione alle quali la possibilità di motivazione non incontra ostacoli di ordine materiale o tecnico, in quanto il programma informatico incorpora già in sé stesso l'elenco compiuto e definitivo delle istruzioni sulla cui base la macchina agisce. Il fatto che la motivazione dell'atto-*software* non sempre sia presente, e che quindi possano persistere condizioni di illegittimità, è indice di un'inadempienza, ma non di un'impossibilità materiale che la motivazione possa avere luogo⁵¹.

Se invece si sposta il discorso sul livello di automazione di ordine superiore, ovvero sull'ipotesi dell'introduzione di intelligenze artificiali, il quadro d'insieme muta in modo radicale, e la necessità della motivazione dei provvedimenti si traduce in un ostacolo tuttora non pienamente superabile, non solo sul piano giuridico-amministrativo, ma anche – anzi, prima ancora – sul versante materiale e tecnologico.

La ragione è insita nel fatto stesso che i sistemi di *machine learning* su cui si fonda l'intelligenza artificiale appaiono connaturati da un carattere peculiare: la non-conoscibilità dei percorsi cognitivi attraverso cui la macchina elabora le proprie determinazioni⁵².

L'azione delle intelligenze artificiali, infatti, nello stadio attuale di avanzamento tecnologico, ha la caratteristica di non essere "auto-esplicativa". Ovvero, il computer che opera sulla base del *machine learning* non solo produce *output* che non sono prestabiliti in modo deterministico dal suo programmatore, ma, oltre a ciò, non è in grado di palesare l'iter logico che ha condotto ad un determinato risultato.

Questo carattere, ampiamente studiato, è noto come il problema della *black box* dell'intelligenza artificiale⁵³. Nei sistemi di reti

⁵⁰ Su tale sentenza si veda l'analisi di I. Forgiione, *Il caso dell'accesso al software MIUR per l'assegnazione dei docenti*, in *Giornale di diritto amministrativo*, vol. 24, n. 5, 2018, 647. In generale, sui profili in questione e sulla giurisprudenza amministrativa in materia, si veda A.G. Orofino e G. Gallone, *L'intelligenza artificiale al servizio delle funzioni amministrative: profili problematici e spunti di riflessione*, in *Giurisprudenza italiana*, n. 7, 2020, 1738.

⁵¹ Su questi profili si veda R. Antonucci, *La trasparenza dell'algoritmo è necessaria, per la giustizia amministrativa e il Garante*, in *Agendadigitale.eu*, 9 ottobre 2019.

⁵² Sul punto si veda F. De Leonardis, *Big data, decisioni amministrative e "povertà" di risorse della Pubblica Amministrazione*, in *La decisione nel prisma dell'intelligenza artificiale*, E. Calzolaio, (ed.), Milano, Wolters-Kluwer, 2020, 152.

⁵³ Per un approfondimento si veda Y. Bathaee, *The Artificial Intelligence Black Box and the failure of intent and*

⁴⁹ Sul punto A. Masucci, *Procedimento amministrativo e nuove tecnologie*, 101.

neurali artificiali, fra *l'input* e *l'output* si frappone un'area di azione del calcolatore non risolvibile in passaggi logici intermedi, né ad opera del programmatore, né da parte della macchina stessa⁵⁴.

Da ciò consegue che la *black box* costituisce un limite tecnico e materiale a che decisioni di ordine giuridico siano assunte dalla Pubblica Amministrazione per mezzo di sistemi di reti neurali artificiali. Si incorrerebbe infatti nel paradosso per cui l'esito dell'elaborazione non solo non sarebbe trasparente e tracciabile per il destinatario del provvedimento, ma le sue ragioni rimarrebbero oscure anche per la pubblica amministrazione che avrebbe adottato quel *software*⁵⁵.

La questione della *black box* e della conseguente inconoscibilità del percorso cognitivo della macchina ha evidenti implicazioni giuridiche, ma costituisce primariamente un problema di ordine materiale e tecnologico, in quanto rappresenta un limite intrinseco delle intelligenze artificiali oggi esistenti. La sua soluzione va quindi ricercata in questo secondo versante, per cui il giurista, in questo momento storico, deve attendere un passaggio evolutivo di natura tecnica.

Nello specifico, è possibile riscontrare che è già allo studio una forma più avanzata di *machine learning* chiamata *explainable artificial intelligence*, cioè un sistema di intelligenza artificiale in grado di auto-spiegarsi, e di rendere conoscibile la ricostruzione del percorso logico e cognitivo sulla cui base è stato elaborato un determinato modo di agire⁵⁶.

causation, in *Harvard Journal of Law & Technology*, vol. 31, n. 2, 2018, 890 e ss. Sulla questione dell'imprevedibilità dell'azione della macchina e sulla sua indipendenza dalla volontà del programmatore si vedano le riflessioni di O. Russo, *Io, persona robot. Il nuovo diritto pubblico della robotica*, in *Amministr@tivamente*, n. 3-4, 2018, 9.

⁵⁴ È peraltro possibile osservare che, paradossalmente, la *black box* dell'intelligenza artificiale costituisce un elemento di similitudine avanzata fra il funzionamento delle reti neurali artificiali e quello del nostro cervello: anche gli esseri umani, infatti, in alcuni casi possono incontrare difficoltà nel ricostruire in modo dettagliato e sequenziale i passaggi che hanno condotto ad alcune decisioni, specie nelle scelte della quotidianità; tuttavia, almeno in alcuni casi, l'essere umano è in grado di palesare le ragioni di una propria determinazione: ciò che accade fra l'altro, appunto, nel caso di decisioni con conseguenze giuridiche, e in particolare dell'assunzione di provvedimenti, dove il funzionario è nelle condizioni di redigere la motivazione dell'atto, e dunque palesare l'iter logico della determinazione. L'intelligenza artificiale, invece, in nessun caso è oggi capace di "spiegare" i passaggi alla base delle proprie decisioni.

⁵⁵ Per un approccio al problema della *black box* dal punto di vista delle scienze sociali si veda F. Pasquale, *The Black box society. The secret algorithms that control money and information*, Londra, Harvard University Press, 2015.

⁵⁶ Per una trattazione approfondita della questione si veda W. Samek, T. Wiegand e Klaus-Robert Müller, *Explainable Artificial Intelligence: Understanding, Visualizing and*

L'explainable artificial intelligence costituisce un progetto embrionale ma concreto, per cui è possibile asserire che, se ora non vi sono le condizioni per un uso delle reti neurali compatibile con le garanzie procedurali, nel futuro più prossimo si possano ottenere le premesse perché ciò possa avere luogo⁵⁷.

6. La materia prima dell'Intelligenza artificiale: i big data

Un secondo aspetto che in questa fase storica rappresenta un motivo di cautela rispetto al ricorso ad intelligenze artificiali per l'assunzione di provvedimenti, è connesso ad alcuni profili non risolti in relazione alla gestione dei dati su cui si fonda l'azione della macchina.

La questione risiede nel fatto che i sistemi di *machine learning*, al fine di poter raffinare autonomamente la propria azione attraverso l'apprendimento, necessitano dell'esame di una quantità di dati e informazioni molto superiore rispetto a quella su cui si fonda l'azione di un *software* classico. Quest'ultimo, infatti, adopera esclusivamente le informazioni strettamente inerenti la specifica decisione da assumere, che rappresentano l'*input* sulla cui base agisce il programma; per esempio, nel caso di una gara d'appalto gestita attraverso aste elettroniche "tradizionali", il calcolatore riceve ed elabora esclusivamente le informazioni relative alla procedura in questione (i dati identificativi dei partecipanti e le informazioni relative alle offerte da questi presentate e gli altri elementi connessi), a cui applica i parametri previsti dalla normativa e impressi nel *software*; dunque, nell'intera procedura è gestito un insieme di informazioni definite e circoscrivibili.

L'intelligenza artificiale, invece, procede in modo differente; essa riproduce, per definizione, i modi di apprendimento della mente umana, i quali richiedono, come sostrato per una singola decisione, una mole di informazione amplissima e indefinita. Per esempio, il riconoscimento facciale non richiede solo la memorizzazione dell'immagine di un volto, ma l'accumulo di un numero quanto più elevato possibile, e progressivamente crescente, di immagini sia

Interpreting Deep Learning Models, in *ITU Journal: ICT Discoveries*, Special Issue n. 1, 13 Oct. 2017. Si veda inoltre D. Monaco, *Che cos'è l'Explainable AI e perché è importante*, consultabile in www.researchgate.net, 2019, e G. Iozzia, *L'intelligenza artificiale deve essere "spiegabile", ecco i progetti e le tecniche*, in *Agendadigitale.eu*, 25 novembre 2019. Si veda anche A. Pitozzi, *IBM, arriva la chiave per aprire la scatola nera dell'intelligenza artificiale*, in *Wired.it*, 19 settembre 2018. Si veda inoltre G. Mobilio, *L'intelligenza artificiale e le regole giuridiche alla prova: il caso paradigmatico del GDPR*, in *Federalismi.it*, n. 16, 2020, 290.

⁵⁷ Sul punto C. Casonato, *Costituzione e intelligenza artificiale: un'agenda per il prossimo futuro*, in *Bio Law Journal – Rivista di BioDiritto*, n. 2, 2019, 10.

dello stesso volto (affinché possa essere conosciuto anche quando varia, per esempio quando dimagrisce, cambia pettinatura, indossa gli occhiali), così come della quantità più ampia possibile di altri volti, con cui operare confronti. Allo stesso modo, la capacità di assumere decisioni implica l'accumulo progressivo di informazioni su situazioni analoghe, o anche differenti, già avvenute, da raffrontare e sovrapporre, al fine di poter valutare circostanze nuove.

Questa modalità di apprendimento attraverso l'accumulo indefinito della quantità più ampia possibile di informazioni, nel caso della mente umana ha luogo in modo del tutto naturale, progressivo e crescente, anzitutto negli anni dell'infanzia e della crescita, e poi prosegue per tutta la vita dell'individuo, senza che quasi si percepisca coscientemente quanti dati si stanno accumulando (per esempio quanti volti si sono memorizzati e quante varianti di ciascun volto).

Nel caso dell'intelligenza artificiale, il computer, per procedere attraverso il *machine learning*, ha necessità di una numerosità altrettanto ampia di informazioni, con la differenza che queste non sono solo accumulate nel tempo (in tal caso una macchina richiederebbe i medesimi tempi di un essere umano, quindi qualche decennio, per ottimizzare le proprie prestazioni), ma, almeno in parte, sono immesse in modo massivo nella sua memoria in un momento iniziale⁵⁸.

Sullo sfondo di queste considerazioni, è possibile asserire che gli insiemi di informazioni sulla cui base può agire l'intelligenza artificiale, coincidono con il concetto ampiamente noto di *big data*⁵⁹, ovvero cumuli di dati di dimensioni amplissime, tanto estesi quanto informi, che sfuggono alla possibilità di controllo e ordinamento di una singola banca-dati, e non sono quindi considerati gestibili al modo di comuni insiemi semplici e ordinati⁶⁰.

Si pensi, per esempio, all'insieme delle

informazioni corrispondenti a tutti gli iscritti ad un *social network* a cui aderiscono due miliardi di utenti (fra cui i loro dati identificativi, le fotografie da essi caricate, le preferenze espresse in ogni circostanza, la geolocalizzazione degli spostamenti): una mole di informazioni di questa natura supera di diversi ordini di grandezza i contenuti di una singola banca-dati (per esempio degli iscritti ad un'associazione, o dei clienti di un supermercato), e non è gestibile né tracciabile secondo il medesimo modello⁶¹.

I *big data*, quindi, possono offrire alle intelligenze artificiali la massa critica di elementi che consentono di assumere determinazioni con un grado di raffinatezza che si avvicina a (e che in futuro raggiungerà) quello di una mente umana, al prezzo però di una perdita di controllo sulla loro tracciabilità.

Questo discorso si applica certamente con riferimento a chi già adopera la combinazione fra *big data* e forme di intelligenza artificiale in ambito commerciale-privato (per esempio, i gestori dei *social network*, dei motori di ricerca e dei grandi servizi di *e-commerce*), mentre appare evidentemente meno semplice verificare se possa essere trasposto, già ora o in chiave prospettica, nella cornice pubblicistica.

Sicuramente sul piano tecnico ciò è possibile: i macro-insiemi di dati di cui è in possesso la pubblica amministrazione rientrano nella categoria dei *big data*, sia quelli di ciascun versante governativo (per esempio la salute, l'ambiente, il traffico)⁶², e ancor di più i dati pubblici nella loro interezza se considerati come un unico complessivo sistema informativo di dimensioni non facilmente (o per nulla) calcolabili⁶³. Pertanto, nella misura in cui l'amministrazione dovesse avvalersi di forme di *machine learning* nelle proprie attività, l'insieme dei *big data* di fonte pubblica rappresenterebbe la base di conoscenza su cui costruire

⁵⁸ P. Domingos, *L'algoritmo definitivo*, in particolare afferma che "L'Algoritmo definitivo dovrebbe essere in grado di partire da un ampio bagaglio di conoscenza (fornita dall'uomo o appresa in fasi di addestramento precedenti) e utilizzarla per produrre nuove generalizzazioni a partire dai dati".

⁵⁹ G. F. Italiano, *Intelligenza artificiale: passato, presente, futuro*, 220. Sullo stretto legame fra *machine learning* e *big data* si veda R. Bodei, *Dominio e sottomissione. Schiavi, animali, macchine, Intelligenza Artificiale*, 314.

⁶⁰ Si vedano, su questi aspetti, le riflessioni di D. Weinberger, *La stanza intelligente*, Torino, Codice Edizioni, 2012, 25, in particolare dove l'Autore afferma: "È chiaro che la rete può crescere in modo tanto scalare solo perché non ha confini entro cui costringere la conoscenza. Non avere bordi significa non avere una forma. E non avere una forma significa che la conoscenza in rete è priva di quell'elemento che a lungo è stato essenziale alla sua struttura: una base". La tematica è inoltre oggetto di ampia trattazione in G. D'Acquisto e B. Naldi, *Big data e privacy by design*, Torino, Giappichelli, 2017.

⁶¹ Circa la non-gestibilità dei *big data* secondo gli schemi ordinari si veda R. Bodei, *Dominio e sottomissione. Schiavi, animali, macchine, Intelligenza Artificiale*, che li definisce "mastodontici archivi di dati che si servono di tecniche e metodologie di estrapolazione, ripulitura, elaborazione, analisi, raggruppamento funzionale e collegamento del maggior numero possibile di dati massivi – strutturati e non strutturati, composti da informazioni, immagini e suoni – in vista di un loro uso predittivo". Sulla questione del trattamento dei *big data* si veda anche l'approfondimento di L. Cotino Hueso, *Big data e intelligenza artificiale. Una aproximación a su tratamiento jurídico desde los derechos fundamentales*, in *Dilemata*, n. 24, 2017, 131. Si vedano inoltre le considerazioni di L. Califano, *Brevi riflessioni su privacy e costituzionalismo al tempo dei big data*, in *Federalismi.it*, n. 9, 2017, 1.

⁶² Sul versante specifico dei *big data* in ambito sanitario si veda M. Sinisi, *Uso dei big data e principio di proporzionalità*, in *Federalismi.it*, 8, 2020, 358.

⁶³ Su queste tematiche si veda F. Costantino, *Lampi. Nuove frontiere delle decisioni amministrative tra open e big data*, in *Diritto amministrativo*, n. 4, 2017, 799.

l'intelligenza artificiale "istituzionale"⁶⁴. Ciò varrebbe sia nello spazio del servizio pubblico, che in quello del potere pubblico, con la considerazione che, anche in questo caso, sul versante dell'esercizio del potere autoritativo, la combinazione tra *big data* e *machine learning* genererebbe questioni il cui superamento appare più complesso, per almeno due ordini di ragioni.

La prima questione è relativa alla gestione dell'informazione in senso proprio, vale a dire all'utilizzo della medesima in conformità alle norme sulla tutela dei dati personali.

Infatti, da questo punto di vista l'intelligenza artificiale può configurarsi come ostacolo alla trasparenza, perché è molto meno semplice controllare la "materia prima" di cui si serve, in quanto non attinge a singole banche dati chiaramente individuate, ma per funzionare ha necessità del "tutto", cioè della massa indistinta di informazione in mano pubblica, in cui non è possibile operare ordinamenti e cernite, né individuare, inserire, rimuovere singole informazioni con la certezza dell'efficacia dell'operazione (perché un dato può essere duplicato in più sedi).

Il rischio, è che quindi vengano meno le prerogative degli interessati al trattamento, ovvero, che sia sacrificato il loro diritto all'autodeterminazione informativa, cioè ad ottenere il pieno controllo sull'uso dei propri dati⁶⁵. In particolare, si enterebbe in conflitto con quanto è stabilito nel Regolamento europeo n. 679 del 2016, all'articolo 22, in forza del quale ciascun cittadino non può essere soggetto a decisioni totalmente automatizzate a meno che ciò non sia espressamente previsto dalle leggi degli stati membri, le quali dispongano anche "misure adeguate a tutela dei diritti, delle libertà e dei legittimi interessi dell'interessato"⁶⁶. Tale norma, infatti, pensata per un contesto di automazione "tradizionale" si estende necessariamente anche alle forme di trattamento automatizzato attraverso intelligenze artificiali,

⁶⁴ Sul legame tra *big data* e intelligenza artificiale, si veda l'approfondita trattazione di M. Delmastro e A. Nicita, *Big data. Come stanno cambiando il nostro mondo*, Bologna, Il Mulino, 2019, 10. Affermano in particolare gli autori: "I *big data* servono a migliorare l'algoritmo e, a sua volta, l'uso dell'algoritmo da parte di ciascuno di noi genera nuovi dati, e così via, insegnando all'algoritmo come migliorare e, persino, come «imparare ad imparare meglio»".

⁶⁵ Su questi aspetti si veda R. Angelini, *Intelligenza artificiale e governance. Alcune riflessioni di sistema*, 297. Sulla questione dell'autodeterminazione informativa appare fondamentale il contributo di S. Rodotà, *Il mondo nella Rete. Quali i vincoli, quali i diritti*, Bari, Laterza, 2014, 28.

⁶⁶ La questione dell'applicazione dell'articolo 22 del GDPR all'intelligenza artificiale è oggetto di ampio approfondimento da parte di F. Pizzetti, *La protezione dei dati personali e la sfida dell'intelligenza artificiale*, in *Intelligenza artificiale, protezione dei dati personali e regolazione*, F. Pizzetti (ed.), Torino, Giappichelli, 2018, 35.

per i quali non è prevista oggi una disciplina *ad hoc*⁶⁷, con la peculiarità che in questo secondo caso, come si è visto, non è sempre possibile un controllo mirato sui flussi di informazione⁶⁸.

Nel caso del settore privatistico, o nei casi in cui l'amministrazione applica strumenti giuridici civilistici-contrattuali, il problema è superabile attraverso il consenso dell'interessato, che può accettare esplicitamente il trattamento automatizzato attraverso forme di intelligenza artificiale. Invece, sul versante dell'attività autoritativa e unilaterale, quando si adoperano forme di intelligenza artificiale appare più problematico sottoporre i cittadini a trattamenti automatizzati che non consentano di ottenere le garanzie circa l'uso dell'informazione.

7. Il problema dei bias cognitivi: il rischio del "pregiudizio" della macchina

La questione ora descritta non rappresenta l'unico fattore di freno al possibile uso della combinazione fra *big data* e *machine learning* nell'esercizio del potere pubblico. Infatti, l'uso dei *big data* come fonte di conoscenza per l'assunzione di provvedimenti attraverso l'intelligenza artificiale, potrebbe generare anche un problema di affidabilità delle decisioni. La ragione è che si corre il rischio di incorrere nel paradosso per cui attingere a quantità indefinitamente ampie di dati può condurre a decisioni più raffinate sul piano formale ma meno corrette su quello etico e giuridico.

Ciò può avvenire in ragione della circostanza per cui, se la macchina impara dall'esperienza, cioè da un'ampia concatenazione di circostanze concrete, essa può incorrere in errori derivanti da distorsioni della realtà, che la massa dei dati amplifica anziché ridurre⁶⁹.

Il problema è noto a chi studia l'intelligenza artificiale nei suoi sviluppi più avanzati. Per esempio, è stato osservato come un tipico errore cognitivo dell'elaboratore che apprende sia identificabile nella confusione fra i rapporti di correlazione e i rapporti di causa-effetto⁷⁰, per cui il *software* può ritenere erroneamente che un fenomeno sia la causa di un altro quando in

⁶⁷ Sul punto ancora R. Angelini, *Intelligenza artificiale e governance. Alcune riflessioni di sistema*, 297, afferma che il GDPR "che pure non contiene alcun riferimento espresso all'IA, enuncia tuttavia alcuni principi e regole che appaiono concepiti soprattutto per i sistemi che di questa si avvalgono per il trattamento dei dati personali".

⁶⁸ Sulle peculiarità della gestione dei *big data* sotto il profilo giuridico si veda F. Faini, *Big data, algoritmi e diritto*, in *DPCE Online*, n. 3, 2019, 1875.

⁶⁹ Sul punto si veda l'approfondito studio di P. Zuddas, *Intelligenza artificiale e discriminazioni*, in *Liber amicorum per Pasquale Costanzo*, pubblicato in www.giurcost.org, 2020.

⁷⁰ La questione dei rapporti di correlazione tra *big data* è oggetto di ampio approfondimento in G. D'Acquisto e B. Naldi, *Big data e privacy by design*, 48.

realità essi sono fra loro indipendenti e generati da una causa comune. È possibile ricordare a tal proposito il fallimento di alcuni sistemi sperimentati negli Stati Uniti per la valutazione di *risk assessment* circa la possibilità di compiere reati da parte di diverse categorie di individui, che ha assegnato un rischio più elevato alle persone di colore, quando tale dato evidentemente non si colloca in un rapporto di causa-effetto, ma in una relazione di correlazione, legato alla causa comune delle condizioni sociali meno favorevoli⁷¹.

La questione è affrontata esplicitamente nel già citato documento del governo statunitense *Preparing for the future of artificial intelligence*, laddove si ipotizzano le conseguenze dell'uso dell'intelligenza artificiale nell'ambito della giustizia penale⁷². Si tratta di un insieme di considerazioni che sono in verità applicabili anche alla sfera amministrativa, qualora si ipotizzi l'uso di intelligenze artificiali per l'emissione di sanzioni, o in generale di provvedimenti unilaterali sfavorevoli al destinatario.

Il documento statunitense afferma che “Nel sistema di giustizia penale, alcune delle maggiori preoccupazioni circa l'uso dei Big Data sono rappresentate dalla mancanza di dati e dalla carenza di qualità dei dati stessi. L'intelligenza artificiale ha bisogno di dati validi. Se i dati sono incompleti o distorti, l'IA può aggravare i problemi legati al pregiudizio. È importante che chiunque utilizzi l'IA nel contesto della giustizia penale sia consapevole dei limiti dei dati attuali”⁷³.

Lo stesso documento, nel suo seguito, suggerisce che il medesimo problema possa porsi nelle “pratiche di assunzione”; anche in questo caso, si tratta di considerazioni che appaiono valide nel contesto della pubblica amministrazione, nell'eventualità in cui si ipotizzi di affidare a sistemi di *machine learning*

la valutazione dei candidati nei concorsi pubblici⁷⁴.

Nel *paper* in esame è scritto infatti che: “Se un modello di apprendimento automatico è utilizzato per la valutazione dei candidati ad un posto di lavoro, e se i dati utilizzati per formare il modello riflettono decisioni passate che sono distorte, il risultato potrebbe essere quello di perpetuare pregiudizi passati. Ad esempio, la ricerca di candidati i cui profili somigliano a quelli di assunzioni precedenti potrebbe influenzare un sistema inducendolo verso l'assunzione di più persone simili a coloro che fanno già parte di un'organizzazione, piuttosto che individuare i migliori candidati considerando la piena diversità dei potenziali partecipanti”⁷⁵.

La questione è sottolineata anche nel libro bianco italiano *L'intelligenza artificiale al servizio del cittadino*, in cui si afferma che “l'Intelligenza Artificiale può anche aumentare le disuguaglianze, se i dati di cui si nutre o gli algoritmi che la costituiscono sono affetti da *bias* (pregiudizi) di tipo discriminatorio”, e se ne trae la conseguenza per cui è “necessario che la Pubblica amministrazione usi grande cura nell'acquisire o nell'indirizzare lo sviluppo di questo tipo di soluzioni, al fine di garantire che siano inclusive, accessibili e trasparenti”⁷⁶.

Nello stesso documento, in un passaggio successivo si rammenta che “Con riferimento ai sistemi di apprendimento automatico (*machine learning*) accade già oggi che sia i dati di cui un'IA si nutre sia gli algoritmi da cui è composta producano *bias* – interpretazioni distorte delle informazioni in possesso – inficiando i «ragionamenti» e inducendola in errore” e che “Fare previsioni con strumenti progettati in modo inadeguato non può che portare a decisioni sbagliate e, in molti casi, anche eticamente scorrette”⁷⁷.

Sempre nel libro bianco italiano, si fa espressamente riferimento al caso americano dell'algoritmo di previsione della criminalità, e si

⁷¹ Si veda M. Basaldella, *L'etica nell'intelligenza artificiale per evitare i pregiudizi*, conferenza tenuta al TEDx Varese del giugno 2018, reperibile in formato video presso il sito www.ted.com.

⁷² Si veda, su queste tematiche, l'approfondimento di A. Plebe, *Intelligenza artificiale e i volti del razzismo: così la tecnologia eredita i nostri difetti*, in *Agendadigitale.eu*, 2 luglio 2020. Si veda inoltre B. Fiammella, *Intelligenza Artificiale, euristica e bias cognitivi applicati agli algoritmi*, in *Altalex*, 4 agosto 2020.

⁷³ Si veda il documento citato, a pagina 30, nel paragrafo *Fairness, Safety, and Governance*. Il testo originale del passaggio è: “In the criminal justice system, some of the biggest concerns with *Big Data* are the lack of data and the lack of quality data. AI needs good data. If the data is incomplete or biased, AI can exacerbate problems of bias. It is important that anyone using AI in the criminal justice context is aware of the limitations of current data”. L'intera questione è oggetto di un ampio studio in A. Caliskan, J. J. Bryson e A. Narayanan, *Semantics derived automatically from language corpora contain human-like biases*, in *Science*, vol. 356, Issue 6334, 2017, 183.

⁷⁴ Si veda in proposito J. Angwin, J. Larson, S. Mattu e L. Kirchner, *Machine Bias. There's software used across the country to predict future criminals. And it's biased against blacks*, in www.propublica.org, 23 maggio 2016.

⁷⁵ Si veda il documento citato a pagina 35. Il passaggio originale è: “Similar issues could impact hiring practices. If a machine learning model is used to screen job applicants, and if the data used to train the model reflects past decisions that are biased, the result could be to perpetuate past bias. For example, looking for candidates who resemble past hires may bias a system toward hiring more people like those already on a team, rather than considering the best candidates across the full diversity of potential applicants”. Su questi profili si veda M. Fiocca, *L'intelligenza artificiale fra utopie, distopie, pregiudizi algoritmici*, in *State of Mind*, 2 dicembre 2019.

⁷⁶ Si veda il documento citato, a pagina 12.

⁷⁷ Il passaggio è a pagina 31 del documento. Si veda sul punto P. Zuddas, *Intelligenza artificiale e discriminazioni*, 3.

ravvisa inoltre che "l'utilizzo estensivo di tecniche di NLP [*Natural Language Processing*] sta rapidamente mostrando quanto i vocabolari delle lingue più parlate siano fortemente affetti da *bias* di genere"⁷⁸.

In definitiva, la questione è al momento aperta e il problema non è pienamente risolto: l'intelligenza artificiale attinge a *big data* che, per definizione, non solamente non sono ordinabili e gestibili in modo sistematico, ma tendono a rappresentare le cognizioni più diffuse anche nelle loro distorsioni, in particolare dei pregiudizi più comuni⁷⁹.

Nel contempo, l'esame degli studi citati che hanno trattato la questione, mostra che problemi di questo tipo non devono essere visti come un limite assoluto all'uso dell'intelligenza artificiale nei processi decisionali pubblici, ma piuttosto come un limite presente e contingente, superabile nell'ottica del progresso futuro delle tecnologie. Lo stesso documento del governo americano esprime ottimismo circa il fatto che la ricerca possa produrre sistemi che superino questi limiti e risultino più validi quando afferma: "Poiché i professionisti si sforzano di rendere i sistemi di IA più giusti, equi e responsabili, spesso ci sono opportunità per rendere la tecnologia un aiuto alla responsabilità piuttosto che un ostacolo ad essa", e auspici di analogo tenore sono presenti nel documento italiano.

D'altra parte, si è osservato inizialmente che nel momento presente i sistemi di *machine learning* più diffusi hanno un quoziente intellettivo assimilabile a quello di un bambino di età pre-scolare: occorre quindi, da un lato, accettare come un limite attuale la possibilità di devolvere decisioni di ordine giuridico a sistemi di reti neurali artificiali ma, per altro verso, considerare la possibilità che il livello, ora poco raffinato, di elaborazione dell'informazione, possa giungere in un tempo relativamente breve a un grado di affidabilità maggiore.

8. La sussidiarietà uomo-macchina, il presente e il futuro: andare oltre la *child-machine*

Il discorso fin qui condotto può orientarsi ora ad alcune considerazioni conclusive.

L'uso dell'intelligenza artificiale non riguarda il presente dell'attività degli enti pubblici, ma il suo futuro prossimo. Il passaggio

dall'informatica degli algoritmi classici a quella del *machine learning* risulta dunque sfalsato fra il versante commerciale (dove già ha luogo) e quello istituzionale, dove invece occorre attendere il superamento di alcune "immaturità" tecnologiche che costituiscono il freno al deferimento di decisioni autoritative a sistemi di reti neurali artificiali.

I problemi riscontrati che abbiamo illustrato hanno due caratteristiche comuni: sono legati a limiti di ordine tecnologico, non giuridico, e rappresentano problemi contingenti, non assoluti.

Anche quando fossero risolti, però, il "passaggio di consegne" dall'uomo alla macchina sarebbe graduale. In particolare, superare il problema della *black box* e ottenere un'intelligenza artificiale auto-esplicante – come verosimilmente accadrà nei prossimi anni – non creerà le condizioni per un'immediata devoluzione dell'attività autoritativa al computer, ma aprirà una fase in cui l'intelligenza artificiale agirà sotto il presidio e la supervisione dell'essere umano, che ne vaglierà e ne selezionerà l'operato, e farà proprie le decisioni adottate dall'elaboratore che riterrà egli stesso congrue. Il computer con intelligenza artificiale non diventerà nell'immediato un "decisore" ma sarà certamente un imprescindibile "ausilio" per l'essere umano che adotterà decisioni.

Quello ora descritto può essere definito come un principio di "sussidiarietà dell'uomo rispetto alla macchina", in forza del quale l'uomo presidia l'attività del computer, accettandola (e facendola propria) fino a che appare ragionevole e invece sostituendola con una propria decisione quando appare anomala, oppure quando occorre intervenire su un caso-limite che ha peculiarità non conosciute dal calcolatore, che quindi essa non è in grado di trattare.

Un principio di questa natura, in verità, già sussiste nell'odierna fase di automazione amministrativa "tradizionale" mediante algoritmi, in relazione alla quale esso è stato enucleato in una pluralità di sentenze del giudice amministrativo.

In particolare, il Consiglio di Stato identifica questo concetto come "principio di non esclusività" della decisione algoritmica⁸⁰.

Esso nasce, nel contesto dell'automazione classica, dalla considerazione per cui il *software*, il cui uso rappresenta una forma di autolimitazione della discrezionalità, non può essere mai considerato (specie allo stato presente dell'avanzamento tecnologico) così perfetto da poter contemplare tutti i casi concreti possibili, per cui deve sempre essere previsto un ruolo

⁷⁸ Si veda il documento citato, a pagina 64.

⁷⁹ Su questi profili si veda D. Giribaldi, *Intelligenza artificiale, tutti i pregiudizi (bias) che la rendono pericolosa*, in *Agendadigitale.eu*, 26 febbraio 2019. È stato inoltre osservato che la questione dei *bias* dell'intelligenza artificiale incide in modo distorsivo anche sui meccanismi che attivano blocchi automatici in Rete ai materiali caricati che violerebbero le norme sul copyright: si veda sul punto S. Quintarelli, *Pregiudizi dell'intelligenza artificiale: cos'è il "redress" e perché riguarda tutti*, in *Agendadigitale.eu*, 9 aprile 2019.

⁸⁰ Si veda sul punto C. Morelli, *Il Consiglio di Stato apre alla PA robot*, in *Altalex*, 20 gennaio 2020. Sul principio di non esclusività si veda inoltre M. Iaselli, *Algoritmi in ambito amministrativo, il Consiglio di Stato delinea i limiti*, in *Altalex*, 20 gennaio 2020.

Daniele Marongiu

dell'uomo a margine dell'azione automatizzata, nei casi in cui vengano legittimamente in evidenza dei parametri che l'algoritmo originario non ha contemplato.

Questa acquisizione giurisprudenziale non è recente, anzi: risale alle prime forme di automazione ed è costante nel tempo. La si trova già nella giurisprudenza del Consiglio di Stato del 2003, ed è tuttora presente nelle sentenze del 2019 e del 2020, nonostante il progresso tecnologico esponenziale intercorso.

Nel 2003, nella sentenza n. 6608 il Consiglio di Stato si era pronunciato sul caso di un'istanza inviata al Ministero delle attività produttive che era vagliata automaticamente attraverso un modulo a lettura ottica. Tale richiesta aveva ottenuto un diniego conseguente al fatto che il richiedente aveva inserito alcune annotazioni al di fuori dei campi previsti, in quanto il suo caso non rientrava fra quelli enumerati dalla modulistica (ma poteva legittimamente essere fatto valere). La macchina ovviamente aveva ignorato ogni annotazione esterna ai campi rigidamente previsti, e di conseguenza c'era stato un diniego, come esito di una procedura totalmente automatizzata. Il giudice dell'epoca aveva annullato il diniego automatico, con una affermazione che ancora oggi, pur in un contesto tecnologico molto più avanzato, può ritenersi valida: "la circostanza che la lettura ottica sia stata il metodo prescelto dall'amministrazione" non deve "diventare un danno od una trappola per il privato richiedente il quale (...) abbia apposto tutte le dichiarazioni richieste, nei moduli predisposti dall'amministrazione, anche (...) al di fuori (...) degli spazi dedicati alla lettura elettronica, essendo viceversa obbligo dell'amministrazione, in caso di dubbio, verificare personalmente, senza automatismi, il documento redatto dall'interessato".

Spostando ora il discorso di circa vent'anni, al 2019, in uno scenario in cui ancora l'automazione procede per algoritmi tradizionali, ma in un *background* più evoluto in cui i moduli a lettura ottica sono sostituiti dai *form on line*, si ritrovano affermazioni del Giudice Amministrativo di tenore simile a quelle del 2003⁸¹. Ciò avviene per esempio nella Sentenza n. 10963 del 2019 del Tar Lazio⁸², relativa all'assegnazione delle sedi agli insegnanti, attraverso un algoritmo, che si è dimostrato essere illegittimo in quanto irrazionale nella ponderazione dei criteri. In questo caso, il giudice, oltre a dichiarare l'illegittimità in sé dell'algoritmo, ha ribadito il principio della necessità del presidio umano nelle procedure

automatizzate, quando ha affermato che "le procedure informatiche, finanche ove pervengano al loro maggiore grado di precisione e addirittura alla perfezione, non possano mai soppiantare, sostituendola davvero appieno, l'attività cognitiva, acquisitiva e di giudizio che solo un'istruttoria affidata ad un funzionario persona fisica è in grado di svolgere"⁸³.

Come si vede, si tratta di una prospettiva che non delegittima l'automazione, anzi è radicata sull'idea che la macchina possa avere un ruolo determinante nell'attività decisionale⁸⁴, nello stesso tempo, si sostiene che l'uomo debba permanere con un ruolo sussidiario: deve intervenire solo se e quando emerge il limite dell'elaboratore, cioè quando si presenta un caso che, eccezionalmente, il sistema automatico non è in grado di trattare perché il suo algoritmo non lo contempla.

Questo discorso, come già premettevamo, non richiama ancora in alcun modo l'idea di "intelligenza artificiale", ma è basato esclusivamente sull'attuale uso istituzionale dell'informatica "classica".

Ci si può dunque domandare se esso si applicherà anche quando l'amministrazione pubblica si avvarrà di computer che impareranno con l'esperienza ed emetteranno provvedimenti amministrativi sulla base del *training* operato mediante il *machine learning*.

La risposta è certamente affermativa: lo schema si dovrà conservare e la sussidiarietà uomo-macchina permarrà, almeno nel breve e medio periodo. La prima fase dell'intelligenza artificiale istituzionale, che non è ancora in atto ma che ci apprestiamo a vivere, sarà ancora fondata sull'idea della "non esclusività" del ruolo del computer⁸⁵.

Ciò, per almeno tre ordini di motivi.

La prima ragione è che, se anche (come è prevedibile) si supererà il problema della *black box* e si otterrà l'*explainable artificial intelligence*, in ogni caso il percorso cognitivo del calcolatore dovrà essere fatto proprio dall'essere umano, salvo ipotizzare la soggettività giuridica del computer che, seppure rappresenta un'ipotesi attentamente vagliata dalla dottrina⁸⁶, tuttavia non è tra le prospettive

⁸³ Su questi profili si vedano in le riflessioni di R.E. Cresci, *Il robot decide, ma all'Uomo l'ultima parola*, in *Agendadigitale.eu*, 23 aprile 2019.

⁸⁴ Si veda in tal senso l'analisi di L. Musselli, *La decisione amministrativa nell'età degli algoritmi: primi spunti*, in *Rivista di diritto dei media*, n. 1, 2020, 25.

⁸⁵ Circa i delicati equilibri del rapporto uomo-macchina in ambito giuridico, e le cautele che devono essere conservate, si veda l'ampia analisi di A. Simoncini, *L'algoritmo incostituzionale: Intelligenza artificiale e il futuro delle libertà*, in *BioLaw Journal – Rivista di BioDiritto*, n. 1, 2019, 63.

⁸⁶ Sul punto G. Sartor, *L'intenzionalità dei sistemi informatici e il diritto*, in *Rivista trimestrale di diritto e procedura civile*, 2003, 23.

⁸¹ Si veda su questi aspetti M. Nicotra, *Algoritmi per le decisioni della PA, quali principi seguire: le sentenze*, in *Agendadigitale.eu*, 9 gennaio 2020.

⁸² La decisione è consultabile nella banca dati del sito istituzionale: www.giustizia-amministrativa.it.

attuabili nel futuro immediato. In ragione di ciò, l'essere umano-decisore pubblico che si avvarrà di un computer con capacità cognitive autonome dovrà comunque presidiarne l'operato in quanto risulterà responsabile delle decisioni dell'elaboratore, e potrà correggerlo in caso di non-condivisione delle sue determinazioni⁸⁷.

La seconda considerazione in virtù della quale con l'intelligenza artificiale permarrà il principio di non-esclusività dell'azione automatizzata, è associata al fatto che il problema dei *big data* e dei *bias* che alterano le decisioni continuerà verosimilmente a sussistere, fino a che non si avranno super-intelligenze capaci di superare simili alterazioni, la cui realizzazione, però, si colloca in orizzonti più distanti nel tempo. L'uomo deve quindi presidiare l'azione del calcolatore per correggerne le distorsioni cognitive laddove la numerosità dei casi che costituiscono l'esperienza del computer-decisore non origina necessariamente una garanzia di giustizia e correttezza etica delle decisioni. È ragionevole ritenere che, con il trascorrere del tempo, l'uomo dovrà intervenire sempre meno in funzione correttiva sulle decisioni del computer, ma tale processo sarà necessariamente graduale⁸⁸.

La terza ragione del conservarsi della sussidiarietà uomo-macchina, anche nella prossima fase di uso iniziale delle reti neurali, è legata alla considerazione circa l'odierno stato infantile-adolescenziale dell'intelligenza artificiale. Se oggi – come abbiamo potuto osservare – i sistemi di *machine learning* prodotti su larga scala manifestano il quoziente intellettivo di un essere umano di quattro o cinque anni di età, anche auspicando uno scatto tecnologico, appare comunque difficile prevedere di ottenere macchine "adulte" in un lasso di tempo dell'ordine di pochi anni. Di conseguenza, appare evidente che computer assimilabili a individui di età pre-adolescenziale non possano sostituire *in toto* i funzionari amministrativi nel periodo più prossimo. Per questo motivo, le macchine usate in ambito istituzionale dovranno essere presidiate e assistite dall'uomo, anche allo scopo di farle "crescere", e così cedere il passo alla fase dei computer "adulti", che riguarderà un futuro meno vicino, ma non meno concreto.

Tutto questo in verità era già stato scritto nel 1950, nell'articolo di Alan Turing che abbiamo richiamato in apertura. In tale saggio infatti era

enucleata la teoria della *child machine*⁸⁹, ovvero del "computer bambino", sintetizzata da questa considerazione che, probabilmente, oggi ha trovato il momento storico in cui può essere pienamente compresa: "Invece di elaborare un programma per la simulazione di una mente adulta, perché non proviamo piuttosto a realizzarne uno che simuli quella di un bambino? Se la macchina fosse poi sottoposta ad un appropriato percorso d'istruzione, si otterrebbe un cervello adulto"⁹⁰.

⁸⁷ Sul principio di non esclusività e sul ruolo dell'uomo si veda G. Mobilio, *L'intelligenza artificiale e le regole giuridiche alla prova: il caso paradigmatico del GDPR*, 287.

⁸⁸ In collegamento a questi aspetti si veda D. Amoroso e G. Tamburrini, *I sistemi robotici ad autonomia crescente tra etica e diritto: quale ruolo per il controllo umano?*, in *BioLaw Journal – Rivista di BioDiritto*, n. 1, 2019, 33.

⁸⁹ Il concetto della "macchina-bambino", capace di evolvere in un'intelligenza artificiale adulta è approfondito da N. Bostrom, *Superintelligenza*, 51.

⁹⁰ A.M. Turing, *Computer machinery and intelligence*, 456. Il passaggio originale è: "Instead of trying to produce a programme to simulate the adult mind, why not rather try to produce one which simulates the child's? If this were then subjected to an appropriate course of education one would obtain the adult brain".

