



Giunte e Commissioni

**RESOCONTO STENOGRAFICO**

n. 2

*N.B. I resoconti stenografici delle sedute di ciascuna indagine conoscitiva seguono una numerazione indipendente*

**COMMISSIONI RIUNITE**

8<sup>a</sup> (Lavori pubblici, comunicazioni)

e

10<sup>a</sup> (Industria, commercio, turismo)

**INDAGINE CONOSCITIVA SULL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE**

3<sup>a</sup> seduta: giovedì 16 luglio 2020

Presidenza del presidente dell'8<sup>a</sup> Commissione COLTORTI

**I N D I C E****Audizione del professor Giuseppe Attardi, del Dipartimento  
di informatica dell'Università di Pisa**

PRESIDENTE . . . . .	Pag. 3, 12, 17	* ATTARDI . . . . .	Pag. 3, 13, 15
CIOFFI (M5S) . . . . .	15		
TIRABOSCHI (FIBP-UDC) . . . . .	13		

---

*N.B. L'asterisco accanto al nome riportato nell'indice della seduta indica che gli interventi sono stati rivisti dagli oratori.*

*Sigle dei Gruppi parlamentari del Senato della Repubblica: Forza Italia Berlusconi Presidente-UDC: FIBP-UDC; Fratelli d'Italia: FdI; Italia Viva-P.S.I.: IV-PSI; Lega-Salvini Premier-Partito Sardo d'Azione: L-SP-PSd'Az; MoVimento 5 Stelle: M5S; Partito Democratico: PD; Per le Autonomie (SVP-PATT, UV): Aut (SVP-PATT, UV); Misto: Misto; Misto-Liberi e Uguali: Misto-LeU; Misto-MAIE: Misto-MAIE; Misto-Più Europa con Emma Bonino: Misto-PEcEB.*

*Interviene, ai sensi dell'articolo 48 del Regolamento, in videoconferenza, il professor Giuseppe Attardi.*

*I lavori hanno inizio alle ore 8,35.*

*PROCEDURE INFORMATIVE*

**Audizione del professor Giuseppe Attardi, del Dipartimento di informatica dell'Università di Pisa**

PRESIDENTE. L'ordine del giorno reca il seguito dell'indagine conoscitiva sull'intelligenza artificiale, sospesa nella seduta dello scorso 8 luglio.

Comunico che ai sensi dell'articolo 33, comma 4, del Regolamento, è stata richiesta l'attivazione dell'impianto audiovisivo per l'audizione in programma e che la Presidenza del Senato ha fatto preventivamente conoscere il proprio assenso. Se non vi sono osservazioni tale forma di pubblicità è adottata per la procedura informativa che sta per iniziare.

Avverto inoltre che della procedura informativa sarà redatto il Resoconto stenografico.

È oggi prevista l'audizione in videoconferenza del professor Giuseppe Attardi, del Dipartimento di informatica dell'Università di Pisa, che ringrazio per la disponibilità.

Il professore ha fatto pervenire un suo documento, che è in distribuzione.

Senza ulteriore indugio, cedo dunque la parola al professor Attardi per un'esposizione introduttiva.

*ATTARDI.* Signor Presidente, onorevoli senatori, vi ringrazio per l'invito e spero di potervi essere utile nell'ambito della vostra indagine conoscitiva sull'intelligenza artificiale. Sono un professore di informatica e mi occupo da quarantacinque anni di intelligenza artificiale, che è quindi la mia materia. Per quarant'anni abbiamo aspettato questo momento, quello cioè in cui l'intelligenza artificiale potesse diventare davvero efficace e utile, raggiungendo o avvicinandosi ai suoi obiettivi.

L'*artificial intelligence* (AI) viene considerata una *general purpose technology*, ossia una di quelle tecnologie ben identificabili, che ha una diffusione pervasiva e produce effetti a cascata e che, come tale, può avere effetti e ripercussioni su tutti i campi dell'attività umana. Durante la mia vita professionale ho visto avviarsi tre *general purpose technology* e personalmente ho avuto la fortuna di essere partecipe di tutte queste tre rivoluzioni: il *personal computer* negli anni Ottanta, Internet nel 1995 e oggi l'intelligenza artificiale. Quest'ultima rappresenta dunque un'occa-

sione importante, così come le precedenti, per l'evoluzione della nostra vita e della nostra attività.

In particolare, si tratta di una discontinuità rispetto all'informatica tradizionale, che, come abbiamo già detto, negli anni passati ha visto questi due grandi momenti di passaggio, che hanno portato a quello che, ad esempio, Stefano Quintarelli ha chiamato capitalismo immateriale, spiegando la differenza tra il modo di svolgere le attività economiche e del lavoro nel mondo materiale rispetto al modo di svolgerle nel mondo immateriale. Lo sviluppo del mondo immateriale sta però raggiungendo un certo limite, perché la legge di Moore, che è quella che ha prodotto la riduzione dei costi e la diffusione a largo spettro di dispositivi elettronici, sta raggiungendo i propri limiti. Inoltre, gli approcci tradizionali all'informatica non sono in grado di usare bene e facilmente il parallelismo, che è l'unico modo per poter aumentare ancora le potenzialità del calcolo. Questo capitalismo immateriale ha portato negli ultimi anni anche alla deriva della cosiddetta economia delle piattaforme, che comincia anche ad avere effetti deleteri dovuti alla concentrazione, cioè all'esplosione esponenziale che produce una grande concentrazione in poche mani, da parte di aziende, che per la loro pervasività e la loro presenza ingombrante rendono difficile l'entrata di altri partecipanti e che poi sfruttano in modo illimitato i nostri dati, in quello che da Shoshana Zuboff viene chiamato *surveillance capitalism*.

L'intelligenza artificiale apre nuovi spazi in territori in cui finora l'informatica non era arrivata, consentendo cose che non si potevano fare prima. Quindi oggi vediamo fare delle cose, come il riconoscimento di immagini, la traduzione automatica, il riconoscimento vocale e la diagnosi medica, che fino a qualche anno fa sognavamo ed erano solo fantascienza. Chi non ha vissuto questa transizione può pensare che siano cose scontate, ma per arrivare a questi risultati ci sono voluti quarant'anni di sforzi, di difficoltà e di ricerca.

La differenza è dovuta al fatto che l'AI ha dato una metafora diversa dei procedimenti algoritmici, che richiedono una conoscenza dettagliata del processo (ovvero, per svolgere un compito bisogna conoscerlo nei minimi dettagli e trasformarlo in una sequenza di piccoli passi, che sono le istruzioni di un *computer*). Tutte le cose che non sappiamo esattamente come vadano fatte richiedono una soluzione alternativa, che è quella che fornisce l'AI. Tutte le cose di cui non sappiamo spiegare esattamente nel dettaglio il funzionamento, vanno dunque trattate in questa maniera. Quindi le cose che dicevo prima sono quelle che finora non riuscivamo a fare con i procedimenti algoritmici, perché, ad esempio, non sappiamo come funziona la nostra capacità di riconoscere un'immagine o di capire quello che ci diciamo quando parliamo. Non sappiamo come avvengono questi processi e quindi l'unica soluzione è fare in modo che siano dei sistemi che apprendono da soli a farlo. Queste tecnologie sono in grado di sfruttare agevolmente il paradigma in maniera nativa, mentre per tutti gli altri rendere e trasformare un algoritmo tradizionale in parallelo è molto difficile.

Voglio ricordare che si è parlato di AI spesso in connessione con i *big data* o la *data science*. Sono settori confinanti, ma non sono completamente la stessa cosa. L'importante è capire che l'*artificial intelligence* fa una cosa diversa dalla statistica: la statistica produce modelli descrittivi, cioè non spiega i fenomeni, ma dice semplicemente qual è il loro comportamento tipico. L'AI ha invece una capacità predittiva, e cioè ha la capacità di spiegare quello che succede. Lo abbiamo visto in questi mesi con il Covid-19: se non avessimo dei modelli epidemiologici, i dati e i semplici numeri che ricaviamo dalla raccolta dei sistemi di sanità non ci direbbero nulla. Dobbiamo capire che il fenomeno ha un certo andamento, che è dovuto alla diffusione iniziale e al cosiddetto fattore R0; dunque dobbiamo stabilire noi quale curva si svilupperà, sulla base dei modelli epidemiologici. Dopodiché, attraverso i dati, stabiliremo quale variante, tra le tante curve che hanno quell'andamento, corrisponde ai dati e in questo modo possiamo fare delle previsioni; ci occorre cioè un modello; e l'AI costruisce questi modelli, usando le sue tecniche. Questa è la differenza tra la statistica e l'intelligenza artificiale ed è fondamentale.

Questa introduzione di tecniche di apprendimento automatico nell'intelligenza artificiale ha prodotto una nuova stagione, in particolare con le tecniche di *deep learning* e lo sfruttamento di macchine con processori dedicati GPU (*graphics processing unit*). Soltanto adesso le stiamo vedendo, perché sono cose avvenute in pochissimi anni. Solo negli ultimi sei o sette anni ci sono stati almeno tre diversi salti di qualità. Nel 2012 il *deep learning* ha avuto i primi grandi successi nel riconoscimento di immagini, pochi anni dopo è stato applicato al linguaggio naturale, un'altra capacità fondamentale dell'intelligenza umana, nel 2016 sono stati introdotti i primi sistemi di traduzione automatica neuronale, che hanno sorpassato in qualità ed efficienza tutti i sistemi precedenti.

Risalgono a due anni fa i *transformer model*, tecniche che sono partite dal linguaggio naturale e adesso vengono applicate anche alle immagini. Si tratta di modelli costruiti a partire da una quantità di informazioni molto ampia, che raggiungono capacità umane in varie *task*, ovvero in varie singole attività. Ad esempio l'ultimo di questi modelli, che è stato poi sviluppato da OpenAI, si chiama GPT-3 e contiene qualcosa come 175 miliardi di parametri, ha richiesto settimane di tempo per l'apprendimento su macchine dedicate ed è ormai in grado di svolgere compiti con la qualità di una persona umana e quindi di fare *question answering*, di rispondere a domande, di fare traduzioni automatiche, di comprendere le intenzioni o le opinioni delle persone e anche di produrre testi. Ad esempio OpenAI ha deciso di non rilasciare il modello perché potrebbe essere usato in maniera malevola, producendo *fake news*. Se gli si danno ad esempio due spunti, come «Hillary Clinton» e «la Russia», potrebbe produrre una notizia falsa, ad esempio sull'intrusione dei *media* russi nella campagna elettorale delle presidenziali americane. Ho fatto un esempio a caso: prendendo spunto da un piccolo punto di partenza, si generano infatti delle frasi, dei testi e un racconto, che è totalmente indistinguibile e può essere letto tranquillamente come fosse stato scritto da una persona.

Si tratta di una capacità completamente insolita, che si avvicina moltissimo alle capacità creative umane, potendo produrre dei testi.

Questi sistemi, una volta prodotti, sono in grado di essere applicati a diverse attività. Quindi, una volta imparato il linguaggio, come la gente scrive e di cosa parla, raccolgono le informazioni e si costruiscono una propria rappresentazione interna dei fatti e della realtà, che può essere adattata a vari compiti.

Questo è un passaggio fondamentale perché anziché partire ogni volta da capo si può fare un unico grande modello che poi potrà essere rapidamente – anche se non tanto facilmente – adattabile a diversi compiti. Il problema è che questi modelli richiedono ingenti risorse per essere sviluppati e la ricerca pubblica rischia di essere tagliata fuori, perché è un'evoluzione che si possono permettere solo coloro che hanno le attrezzature e le apparecchiature per farlo. Microsoft ha investito un miliardo di dollari in OpenAi per costruire una piattaforma *cloud*, composta di 10.000 GPU e 285.000 macchine, con la quale è stato prodotto un sistema che ha queste caratteristiche. Quindi, un investimento in infrastrutture è cruciale per poter fare l'informatica e l'intelligenza artificiale di oggi.

Le dimensioni generali dei modelli, per quanto sembrano spaventose (175 miliardi di parametri sembrano mostruosi), in realtà sono molto simili ai più piccoli organi viventi. Penso, per esempio, al cervello di un'ape che ha circa 20 miliardi di sinapsi, quindi siamo in quell'ordine di grandezza.

Se vogliamo che l'intelligenza artificiale venga utilizzata per i nostri obiettivi – non per quelli di una ditta privata che ha i suoi fini, ovviamente – dobbiamo riuscire a padroneggiare questa tecnologia, perché l'intelligenza artificiale dà un potere di dominio: chi dispone di questa tecnologia può sfruttarla in mille modi secondo i suoi fini e interessi, anche legittimi, naturalmente, ma può avere un predominio su quelli che invece non ce l'hanno.

Faccio una breve digressione su quella che è in questo momento la frontiera della disciplina. Ho citato come il *deep learning*, che è la tecnica di apprendimento oggi più efficace, riesca a coprire le attività percettive, quindi voce, video, audio, parlato, comprensione di testi, comprensione di immagini; singoli *task* vengono svolti in maniera molto efficace e molto accurata.

Secondo Daniel Kahneman, Premio Nobel dell'economia, questa capacità corrisponde a una parte del nostro processo cognitivo: nella nostra mente ci sono due processi cognitivi, System 1 e System 2. Il primo svolge le funzioni veloci, quelle intuitive e immediate che facciamo senza sforzo: per esempio, possiamo parlare al telefonino mentre guidiamo. Non è consigliabile, ma lo sappiamo fare, perché sono due cose che facciamo in automatico, per quanto sia difficile – una macchina non lo saprebbe fare – per quanto complicato, il nostro cervello riesce a farlo senza grande sforzo. Poi, ci sono, invece, cose che facciamo con grande sforzo: le attività sono lente, richiedono razionalità e fatica. Penso anche a una cosa banale come moltiplicare due numeri: se dico 2 per 3 lo fate al volo, ma se

volete fare 47 per 52 dovete mettervi a calcolare con la penna e scrivere: sono cose che la mente umana non sa fare se non ricorrendo a un processo razionale.

Di questi due sistemi per il momento ne sappiamo forse simulare uno; per il secondo sappiamo poco come fare, quindi una grande sfida scientifica e tecnologica sarà, nei prossimi anni, come dice Joshua Bengio, vincitore del premio Turing assegnato dall'Association for Computing Machinery (ACM) in questo settore, trovare un modo di combinare e di arrivare anche a coprire questi aspetti dell'intelligenza umana (la razionalità con le tecniche di *deep learning* o di *machine learning* che abbiamo sviluppato in questi anni). È una sfida scientifica fondamentale. A mio avviso, dovremo investire in questa sfida almeno cifre simili a quelle che stiamo investendo per trovare nuovi fenomeni fisici, che magari non vedremo mai, perché sono in un *range* di energia in cui forse, secondo qualcuno, non c'è niente da vedere. Quindi, stiamo spendendo 21 miliardi per il Future Circular Collider del CERN. La sfida scientifica e tecnologica della comprensione della mente umana è altrettanto importante.

Arrivo a spiegare perché, secondo me, dobbiamo investire in AI. La tecnologia non è una delle tante, perché, come dicevo, è una cosa pervasiva, che interviene su tutte le attività umane; soprattutto, affronta problemi che finora non abbiamo mai risolto. Sono cose che non abbiamo mai potuto fare. Oggi cominciano ad essere possibili. Per esempio, la lotta all'evasione e al riciclaggio (si può capire dove avvengono questi fenomeni); l'individuazione di frodi, la nuova medicina predittiva e personalizzata, gli strumenti di creatività.

Nel mio documento vi faccio vedere una foto che è stata prodotta a partire da un ritratto di Napoleone, ma vale anche il discorso inverso: prendete una foto e trasformatela in un dipinto di Van Gogh. Sono strumenti che possono essere utilizzati per attività creative come film, arte, teatro, moda; strumenti quindi di assistenza alla creatività: assistenti personali, le varie Alexa, Google Assistant, ovvero strumenti con cui possiamo interagire in maniera naturale.

Cambierà il modo di lavorare. Oggi lavoriamo in remoto e stiamo usando semplicemente tecniche banali, cioè il video attraverso cui siamo vicini, ma sappiamo bene che per lavorare in forma collaborativa a distanza con tante persone ci vuole molto di più; ci vogliono tecniche in grado di ridurre, per esempio, la confusione nella quantità di comunicazioni che abbiamo tra di noi, di fare delle sintesi, individuare priorità in ciò che facciamo; cose su cui spendiamo tantissimo tempo riducendo la nostra produttività. Ancora, risparmio energetico; possiamo ridurre la quantità di spostamenti che facciamo, cose che abbiamo sempre pensato si potessero fare ma che non abbiamo mai fatto; la biologia sintetica, cioè produrre nuove medicine, nuovi farmaci, a partire dalla conoscenza di come funzionano assemblandoli insieme e non semplicemente provandoli tutti; il riciclaggio di rifiuti, quindi sistemi che facilitino la raccolta differenziata.

Se lasciassimo tutto ciò in mano ai grandi Paesi che stanno investendo in questo settore, come la Cina e gli USA, diventeremmo un Paese secondario; solo consumatori ma non protagonisti dello sviluppo. Per essere protagonisti bisogna padroneggiare questa tecnologia, e i talenti, come già si vede oggi, vengono da quegli ambiti: il 30 per cento di tutti gli esperti dell'intelligenza artificiale vengono dalla Cina, il 20 per cento dagli USA, quindi la Cina ha già superato gli Stati Uniti in questo campo.

L'Europa deve quindi svolgere uno sforzo complessivo per restare al passo. È vero che siamo bravi, abbiamo un grande tasso di produttività scientifica, però non abbastanza. In questo campo, tanto per fare un esempio, alla conferenza principale sulle reti neurali, NeurIPS 2019, c'erano soltanto 6 lavori italiani su 1.400 (per far capire il rapporto); quindi dobbiamo fare molto di più, dobbiamo favorire la formazione, la crescita in ambito scientifico, universitario e anche scolastico.

L'intelligenza artificiale e tutta l'informatica stanno avendo effetti invadenti in tutta l'economia. Ciò che cominciamo a vedere sono anche gli effetti drammatici dell'intelligenza artificiale. Per esempio, due giorni fa, Google è subentrata nei *call center* di Verizon. Voglio dire che abbiamo conosciuto Google come motore di ricerca, ma adesso fa mille altre cose perché è riuscita a sviluppare una sua tecnologia di intelligenza artificiale che può applicare a tantissimi altri campi: è entrata nel settore della medicina, dell'*health care*, sta entrando nei sistemi che applicano l'intelligenza artificiale per fare conversazione, quindi *chatbot* per rispondere alle richieste degli utenti. Microsoft ha sostituito i giornalisti con un *tool* di produzione automatica di notizie. Sono solo alcuni esempi delle cose che stanno avvenendo, e ne avverranno sempre di più. Soprattutto, questa tecnologia vi consente di passare da un settore all'altro. Come dicevo prima, una volta che il modello è costruito, può essere applicato a diverse attività. Occorrono moltissime risorse per costruirlo ma poi lo si adatta facilmente; come la mente umana è molto facilmente plasmabile, questi modelli acquisiscono la capacità di potersi trasferire da un'attività all'altra. Chi ce l'ha, quindi, ne guadagna, chi invece non ce l'ha resta indietro, ragion per cui aumentano le diseguaglianze tra le aziende (chi ha la tecnologia e chi no), tra i Paesi (che dispongono o meno della tecnologia all'interno delle proprie aziende o delle proprie attività economiche) e tra i lavoratori.

I lavori ad alta specializzazione vengono ben pagati, ma sono relativamente pochi e tanti altri lavori diventano sottopagati; spesso diventiamo schiavi della stessa tecnologia; quelli che fanno lavori di consegna devono seguire un ritmo e dei passaggi dettati dalle *app* che gli dicono cosa devono fare dandogli anche i tempi per farlo.

Vi suggerisco un film molto toccante su questo tema di Ken Loach, «Sorry we missed you», che racconta le disavventure e la sfortuna di una famiglia inglese in cui il padre, che perde il suo precedente lavoro, è costretto a fare lavori di consegna; la madre fa la badante. È tutta una sequenza di eventi che li portano veramente alla disperazione. Il mondo sta trasformandosi in quelli fortunatissimi, che fanno benissimo e sono ric-

chi e fortunati, e quelli disperati, che fanno i lavori che nemmeno le macchine sanno più fare, e lo fanno in funzione delle macchine stesse, più che altro.

Stiglitz spiega che questo fenomeno è importantissimo perché stiamo vivendo una trasformazione, in parte dovuta anche agli effetti della pandemia del Covid. Stiamo cambiando, pertanto, le nostre abitudini e non c'è un modo facile per trasformare le aziende che erano già in difficoltà e che ora lo sono ancora maggiormente. Non possiamo convertire, come dice Stiglitz, degli impiegati di linee aeree in tecnici di Zoom. Noi stiamo utilizzando Zoom, che è diventato uno strumento fondamentale, e l'azienda che sviluppa questi strumenti sta avendo una grossa crescita, ma non possiamo trasferire rapidamente persone da un settore all'altro. Soprattutto i nuovi lavori saranno molto pochi, mentre Zoom è una singola azienda che fa strumenti per tutti. Ci sono altri dettagli nell'articolo di Stiglitz che vi ho citato e che non vi sto a leggere, ma il punto fondamentale è che aumenta la disuguaglianza. Rischiamo che, anche per via del Covid, le disuguaglianze aumentino sempre più perché la sostituzione delle persone e dei lavoratori avverrà a un ritmo ancora più veloce. Le macchine non si infettano, non si ammalano e, quindi, è conveniente per chi punta semplicemente al profitto investire nel trasferire quanti più lavori possibili verso le macchine.

Cosa stanno facendo gli altri da cui possiamo prendere spunto? Gli investimenti stanno crescendo e il numero di persone e ricercatori che se ne occupano sta aumentando in maniera rapidissima. Soltanto per fare un numero, nel mio campo, che è quello del *natural language processing* (trattamento del linguaggio naturale), ogni giorno sono pubblicati cento contributi, cento nuovi articoli sui nuovi esperimenti fatti e i risultati prodotti. È già difficile stare dietro a questi risultati e poi noi dobbiamo essere in grado di produrli, conoscerli e svilupparli. *AI first* è diventata la strategia. Le grandi aziende pensano di puntare a quello come moltiplicatore del loro sviluppo. I settori tradizionali li hanno già conquistati e ora vogliono conquistarne altri sfruttando le nuove tecnologie.

La caccia ai talenti si fa sempre molto più intensa ed è importante controbilanciare la tendenza di assorbire quel 30 per cento di talenti cinesi e il fatto che la metà vanno a lavorare in America. Se vogliamo che l'Europa possa continuare a essere competitiva, bisogna fare in modo di poterli attrarre con iniziative, per esempio, come quella che fra poco vi suggerirò. Penso alla costituzione di un istituto nazionale di intelligenza artificiale. Iniziative come CLAIRE, per fare una cosa simile a livello europeo, sono fondamentali per controbilanciare questa tendenza e rendere attrattivo il restare in Europa per i nostri giovani.

La Germania ha un centro di eccellenza storico, il DFKI, che è il più grande centro in Europa. La Francia, su stimolo di Macron e di Frédérique Mélanie, ha costituito già tre centri nazionali dedicati all'IA. Ho parlato tre anni fa con Frédérique Mélanie, che era in Italia per capire cosa facevamo. Facevo parte della *task force* dell'Agenzia per l'Italia digitale (AGID) su questo tema e, quindi, voleva sapere cosa facessimo in Italia.

Noi abbiamo elaborato un documento, mentre loro hanno creato tre centri di ricerca. In questo periodo, la differenza tra noi e loro è stata questa: loro hanno preso atto e poi agito di conseguenza. Naturalmente altri Paesi stanno spendendo cifre significative. Si stima che la Cina spenderà 70 miliardi quest'anno in intelligenza artificiale perché vuole diventare *leader* mondiale. Come dicevo, l'IA serve a tutto: anche la produzione di qualsiasi merce sarà fatta sfruttando sempre di più l'IA.

Passo ora alla questione di cosa fare sul piano pratico. Inizio con il parlarvi di una cosa bella che siamo riusciti a fare e di cui devo dare merito al precedente ministro Fioramonti, che ci ha dato ascolto: circa un anno fa ha deciso di stanziare 8 milioni di euro per finanziare duecento borse di dottorato nazionale in intelligenza artificiale su cinque classi tematiche in cinque sedi diverse in Italia, per coprire tutto il territorio nazionale. I finanziamenti provengono per il 50 per cento dal Governo e per il restante 50 per cento dalle stesse università. L'attivazione di questo dottorato è stata fermata dal Covid e soprattutto manca un decreto che modifichi le norme del dottorato per poterlo attivare. Se, pertanto, come senatori, vi capita di dare una mano per accelerare l'approvazione di questo decreto, vi saremmo sicuramente grati e speriamo che possa partire all'inizio dell'anno prossimo perché è un'iniziativa fondamentale per accrescere la nostra presenza, formare nuovi talenti ed essere partecipi in questo sviluppo.

Ci sono tanti documenti che sono stati scritti. Ne abbiamo scritto uno presso il Mise con un gruppo di esperti sulla strategia nazionale, che ha avuto anche notevoli apprezzamenti a livello nazionale. Vi cito alcuni punti su cui porre l'attenzione: come dicevo prima, costituire un istituto nazionale sull'intelligenza artificiale è fondamentale per mettere in comune le risorse. Una cosa simile è stata fatta nella fisica con l'Istituto nazionale di fisica nucleare (INFN), che ha reso possibile uno sviluppo significativo e una partecipazione dell'Italia a progetti internazionali rilevanti. La stessa cosa va fatta a livello europeo: da soli non ce la faremo. Se dobbiamo competere con Cina e con Stati Uniti, è soltanto l'Europa che può averne la capacità. Noi dobbiamo fare la nostra parte e contribuire a quest'iniziativa che ha lo scopo di costruire una specie di «CERN for IA», dotato delle risorse di calcolo, personale e capacità di attrarre talenti nello svolgere queste attività. Secondo me, occorre democratizzare l'IA, cioè bisogna fare in modo che arrivi a tutti: non è una cosa che serve a me, che uso io e pochi scienziati; deve essere una cosa che arriva capillarmente a tutti (pubblica amministrazione, salute, giustizia, legislazione, servizi alla PA).

Un altro modo per facilitare dei salti tecnologici in questo settore è lanciare le *challenge* scientifiche focalizzate sul superamento degli scogli. Per esempio, la guida automatica non è nata dal nulla, ma da una *challenge* della Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). Questa famosa *grand challenge* decine di anni fa propose questo tema: riuscite a far andare un veicolo da solo da qui a Las Vegas attraversando il deserto? Da lì sono nati i veicoli autonomi. Le *machine translation* e i mo-

tori di ricerca sono nati dalle sfide lanciate dal National Institute Of Standards And Technology (NIST). Questa è un'altra iniziativa che costa poco alla fine, perché si dà un premio a un vincitore e si garantisce che si otterrà un risultato.

Poi ci sono interventi generali utili non soltanto all'intelligenza artificiale, ma in generale alla scienza. Un *cloud* nazionale per ricerca e formazione è oggi un fattore abilitante fondamentale. I miei studenti quando devono fare i loro esperimenti spesso usano uno strumento di Google, il cosiddetto *notebook*, in cui possono fare degli esperimenti, ma ci sono dei limiti di tempo e di risorse che possono usare. Poi vengono da me per l'accesso a una macchina – ne ho una sola – dove possono fare questi esperimenti su più larga scala.

Bisogna anche attrarre le donne. L'intelligenza artificiale è molto affascinante perché studia la mente umana, l'uomo e le potenzialità avanzate ed è, quindi, promettente. Forse le possiamo attrarre di più se pensiamo all'informatica non come una disciplina da *nerd* o per persone che smanettano sui computer. Questa è una disciplina scientifica con *challenge* scientifiche rilevanti e le donne sono importanti e possono dare il loro contributo.

Naturalmente la ricerca di base è fondamentale perché bisogna controbilanciare gli obiettivi puramente commerciali che dirigono la ricerca nelle aziende. Soprattutto è importante mettersi nell'ottica di costruire, perché abbiamo smesso di farlo. Spesso lasciamo che siano gli altri a costruire: abbiamo perso la capacità e la voglia di costruire che avevamo in Italia negli anni Sessanta. In passato si aveva voglia di costruire case, aziende, prodotti, mentre oggi abbiamo lasciato quest'attività ad altri, ma se non costruiamo non conosciamo. Come diceva Jean Piaget, si impara facendo: soltanto facendo cose nuove e non ripetendo quelle fatte dagli altri si impara.

Dal punto di vista concreto, è importante che ci fissiamo degli obiettivi generali e che poi controlliamo e verifichiamo che vengano mantenuti. Se, per esempio, siamo d'accordo con Francesca Bria che dobbiamo recuperare la sovranità tecnologica del nostro Paese, dobbiamo assicurarci che tutte le mosse che facciamo siano coerenti con questo. Per esempio, perché affidare il supporto della didattica a distanza ad aziende private e straniere? Perché usare servizi di *streaming* privati, come stiamo facendo oggi, quando possiamo farli noi e usare le nostre capacità per mettere in funzione l'esercizio da noi? Facendolo, infatti, impariamo e restiamo più autonomi e più liberi in quello che facciamo. Questi sono argomenti generici, ma nel campo dell'intelligenza artificiale sono anch'essi importanti.

Concludo dicendo di fare un pochino di attenzione a non mescolare troppo le carte, perché spesso si dice che il 5G è fondamentale per l'AI. Secondo me non è così, nel senso che il 5G sarà utile e importante, ma la gran parte delle attività che dicevo prima vengono fatte su macchine dedicate, su grandi processori, che manipolano grandi quantità di dati. Il 5G consente di ridurre la latenza negli scambi, quindi può essere utile nelle

interazioni, però la parte cruciale dei servizi va fatta su queste infrastrutture specializzate. Mi spiace doverlo dire, ma il 5G e il *blockchain* non hanno niente a che vedere. Anche per l'*high performance computing* è vero che servono macchine con potenza di calcolo, ma è una potenza di calcolo diversa, perché per fare l'*high performance computing* occorre fare calcoli con matematica di alta precisione, quindi 64 *bit* per esempio, e seguire dei processi molto coerenti.

L'intelligenza artificiale opera in maniera statistica, probabilistica, quindi il risultato non è certo, ma è calcolato con una certa probabilità e dunque il numero che viene calcolato non ha bisogno di essere così preciso, al trecentesimo numero dopo la virgola, per indicarci il risultato corretto. Questa è una grande differenza, che consente all'AI di sfruttare il parallelismo molto meglio di quanto si possa fare con gli algoritmi tradizionali.

Vediamo dunque cosa non fare. Non vorrei che ci intestardissimo, preoccupandoci troppo di questioni etiche. Le questioni etiche valgono dappertutto e per tutta l'informatica. Non ci siamo mai preoccupati dell'etica della Boeing quando ha messo in circolazione aerei 747 Max, che precipitavano, perché avevano fretta di metterli sul mercato. Quindi, dove sta l'etica? In quale modo abbiamo controllato che l'etica venisse utilizzata nell'informatica? Spesso ce ne siamo dimenticati e ci siamo affidati all'informatica senza troppe preoccupazioni. Ora, pensare che sia solo l'AI ad avere questa problematica è un pochino strano. Questo vale dunque per tutta l'informatica e dobbiamo essere attenti quando usiamo qualunque strumento informatico. L'AI è invece importante farla.

Non attenderei cose future, come il *quantum computing* o altro, perché la AI è oggi, è qui e sta procedendo e sviluppandosi. Con il Covid abbiamo imparato cosa vuol dire un fenomeno esponenziale. Abbiamo visto che se un giorno abbiamo 10 infetti, dopo tre giorni ne abbiamo 1.000 e la settimana dopo ne abbiamo 10.000. Questa è l'esplosione esponenziale. All'inizio non ce ne accorgiamo e quando abbiamo 10 o 12 infetti il problema sembra non essere così grave, però, se non stiamo attenti, i fenomeni esplodono e quando diventano così gravi e così seri è già troppo tardi. Quindi, se lasciamo passare questo momento, che è un momento in cui l'AI sta cominciando a prendere la curva di sviluppo esponenziale, rimarremo totalmente indietro e resteremo un Paese secondario e poco sviluppato.

Mi fermo qui, ma vorrei ringraziare i miei colleghi, che mi hanno aiutato a produrre il documento che lascio agli uffici della Commissione e, naturalmente, sono a disposizione per chiarimenti o ulteriori precisazioni.

PRESIDENTE. Ringrazio il nostro auditore, per il suo intervento molto esaustivo e stimolante.

TIRABOSCHI (*FIBP-UDC*). Signor Presidente, ringrazio il professore per la sua illustrazione, che è stata stimolante e devo dire anche molto chiara e mi complimento per il linguaggio che ha utilizzato.

Per quel che riguarda le proposte, lei ha parlato di un dottorato nazionale in intelligenza artificiale, che immagino sia un corso universitario; secondo lei come deve essere scritto il programma di questo dottorato? Deve essere scritto da ingegneri, da informatici, da esperti in materie umanistiche? È un corso che deve essere scritto a quattro o più mani?

La seconda domanda è la seguente: visto che l'Italia è molto indietro, come ci ha riferito, la Francia e la Germania hanno fatto qualcosina in più, ma i due *player* più grandi a livello mondiale sono gli Stati Uniti e la Cina, questo corso può essere scritto totalmente da professori italiani? Lo chiedo avendo assoluta stima di tutto il corpo docente italiano e quindi immagino che le professionalità ci siano.

Infine, le chiedo se l'istituto italiano d'intelligenza artificiale che lei propone (e mi sembra una proposta assolutamente intelligente) è finalizzato soprattutto a democratizzare l'intelligenza artificiale e quindi ad investire nel trasferimento delle tecnologie alle imprese. Questo è un tema molto importante, perché dobbiamo cercare di evitare che la scienza continui a produrre ricerca e innovazione che non siano finalizzate al mondo produttivo, che lei ha molto ben rappresentato, con i vari settori dell'economia reale.

ATTARDI. Il dottorato è un corso *post-laurea* e quindi si svolge dopo la laurea magistrale. Esso è quindi rivolto a coloro che hanno già una laurea magistrale. Si tratta dunque di un corso di dottorato (un *PhD* in inglese) che introduce verso il mondo della ricerca e verso gli sviluppi avanzati della tecnologia. È già stato predisposto, perché si tratta di un'iniziativa partita un anno fa, e il programma è stato già scritto. Come dicevo ci sono cinque *cluster* che sono stati predisposti. Si tratta cioè di cinque aree tematiche, tra cui salute, agricoltura, sicurezza e mondo civile. Ognuno di questi *cluster* si specializza in tali tematiche. Si tratta di un dottorato nazionale e quindi ci sono dei corsi in comune in tutta Italia. Lo avevamo proposto un anno fa, quando non si pensava nemmeno che avremmo avuto la possibilità di fare formazione a distanza, ma si diceva che volevamo costruire un dottorato nazionale. Adesso i dottorati sono nelle singole sedi e questo sarebbe il primo dottorato nazionale in cui si dà un titolo comune e le persone possono essere iscritte a diverse sedi e seguire un percorso di specializzazione su una determinata area tematica. I partecipanti hanno dunque una formazione di base sulle tecniche d'intelligenza artificiale, hanno strumenti comuni (l'infrastruttura di calcolo potrà essere comune) e faranno un percorso di formazione in cui c'è una base comune a tutti e poi delle specializzazioni su queste cinque tematiche. Quindi siamo già avanti in questo percorso, che sarebbe dovuto iniziare già da quest'anno. I fondi sono stati stanziati, sono già arrivati alle sedi; quindi l'università di Pisa ha già nel suo conto questi soldi ed è un po' un peccato che non siamo potuti partire a causa del Covid.

Per quanto riguarda la domanda se siamo in grado di produrre un *curriculum* per il dottorato su questa tematica, la risposta è sicuramente sì. Lo abbiamo già fatto, i dottorati sono di per sé e per loro natura aperti a collaborazioni internazionali. Nel percorso del dottorato è previsto che ciascun dottorando passi almeno sei mesi all'estero e vada quindi a studiare presso un'altra sede. I relatori delle tesi di dottorato devono essere stranieri, quindi ci può essere un relatore italiano, ma dei revisori stranieri e quindi è già aperto a collaborazioni internazionali. Da questo punto di vista credo che non ci siano preoccupazioni sul fatto che si possano erogare dei corsi di dottorato di alto livello con le risorse che abbiamo.

Naturalmente l'obiettivo è quello di essere la fonte della formazione di futuri professori e di futuri ricercatori, perché siamo un certo numero, ma non siamo tantissimi. Non vi faccio la storia dell'AI, ma fino a pochi anni fa era una disciplina negletta, perché ha avuto delle sfortune: prometteva troppo, quando non si poteva, perché le tecnologie e le potenze di calcolo non c'erano e qualcuno riteneva che fosse soltanto un sogno irrealizzabile. Negli ultimi dieci anni è però avvenuto quello che da quarant'anni sostenevamo, ovvero che una volta avute le risorse avremmo raggiunto questi risultati, ed è esattamente quello che è avvenuto. Purtroppo, la disciplina ha avuto pochissimi finanziamenti. Se cercate il termine «intelligenza artificiale» nei progetti europei degli anni precedenti, non lo trovate. Si parla di sistemi intelligenti, ma intelligenza artificiale non è mai usata; era un termine tabù. Le persone che se ne sono occupate fino ad ora erano poche, ma abbastanza per fare *bootstrapping*, cioè formare altre persone che portino avanti la strategia. Tra l'altro, io sono in pensione, quindi faccio questo proprio in funzione della prossima generazione, affinché possa avere le opportunità che in questo momento si stanno presentando.

La seconda domanda riguardo a un istituto di intelligenza artificiale, credo sia importantissima: credo fermamente che questa tecnologia debba andare direttamente in produzione. Dobbiamo fare la ricerca di cose nuove (ci sono sfide scientifiche e tecnologiche), ma poi si deve andare direttamente nella vita di tutti i giorni. Quindi, la nostra visione di un istituto nazionale d'intelligenza artificiale contempla le due cose: promuovere la ricerca, ma anche e soprattutto il trasferimento tecnologico. Io mi ispiro, per esempio, a un modello come quello del Media Lab del MIT, un istituto del MIT (la mia carriera è iniziata proprio a Boston, al laboratorio d'intelligenza artificiale del MIT), che ha la funzione di ricevere finanziamenti anche da aziende, accogliere le problematiche che le aziende pongono e svilupparle. Naturalmente è il Media Lab che sceglie su quali temi concentrarsi, quindi sono finanziamenti a fondo perduto, però sono spunti e obiettivi della ricerca che vengono colti da suggerimenti di problemi reali e concreti che provengono dal mondo dell'impresa. Dobbiamo assolutamente avere un canale di passaggio dalla ricerca al mondo della produzione che sia fluido, e il modo più efficace per fare questo è prendere persone formate e portarle all'interno delle aziende. Viceversa, fare in modo che le aziende possano partecipare (come fanno al Media Lab) e mandare i loro ricercatori al Media Lab a seguire progetti comuni. Que-

ste sono le uniche modalità che conosciamo oggi per poter fare una simbiosi e trasferimento tecnologico.

CIOFFI (*M5S*). Professor Attardi, lei ha parlato di sovranità tecnologica. In questo periodo di *lockdown* ci sono tanti strumenti d'intelligenza artificiale con i quali ci siamo interfacciati noi cittadini. Mi viene in mente anche semplicemente Alexa (l'assistente vocale di Amazon), tanto per dirne uno. Per affermare il principio di sovranità tecnologica, e visto che ultimamente ci sono grandi investimenti da parte dei *big* statunitensi nel nostro Paese che stanno aprendo anche sedi specifiche su alcuni settori, quanto è importante che l'Europa ponga un freno a queste grandi società, anche in considerazione del fatto che il Consiglio europeo proprio ieri ha perso una causa pesante nei confronti di Apple (che, però, riguardava soprattutto aspetti di carattere finanziario e fiscale)? In che modo possiamo mettere questa barriera teorica? Forse non c'è bisogno di fare il *great wall* come hanno fatto i cinesi, però in che modo riusciamo a mantenere quella sovranità che ci permette di essere il terzo attore, con un pari livello di dignità tecnologica, oltre che economica e commerciale, in questo settore? E quanto è importante fare in modo che i giganti principalmente statunitensi non invadano l'Europa e il nostro Paese con le loro strutture di *cloud*?

ATTARDI. Senatore Cioffi, la sua domanda ci trasporta nella sfera politica. Non sono un politico, ma un ricercatore, quindi posso dare il mio parere personale.

Ho fatto per cinque anni il direttore dei servizi *cloud* del GARR, che è la rete della ricerca nazionale italiana che abbiamo costruito. Ho fatto parte del progetto iniziale, ho seguito tutta la vicenda. Il GARR è una realtà di questo tipo: 17.000 km di fibra ottica nostra, che abbiamo acquisito su tutto il territorio, in parte con i finanziamenti delle università e del Ministero, in parte anche con finanziamenti da progetti. La possediamo, l'abbiamo costruita, sappiamo fare una delle reti migliori al mondo perché l'abbiamo fatta. A quell'epoca già ci si chiedeva perché farci una rete visto che già c'era la rete Telecom; si poteva usare quella. Ma Telecom non aveva la rete adatta per fare ciò che serviva a noi per la ricerca; soprattutto aveva tariffe impossibili, o meglio, se avessimo voluto la banda a 10 *gigabit* che ciascuna sede universitaria ha oggi avremmo speso cifre impressionanti; soprattutto, erano spese correnti, le avremmo buttate via e oggi non ci resterebbe nulla di quelle spese fatte per venticinque anni, non ci resterebbe niente in mano, e continueremmo a spendere anno per anno l'affitto di banda da parte di un operatore commerciale. Buon per lui chiaramente, ma non buono per noi come ricerca. È la differenza fondamentale tra investimento in capitale (*capex*) e *opex*: dobbiamo decidere se investire in infrastrutture, quindi patrimonio, investimenti che hanno valore, oppure in spese correnti. Se decidiamo per le spese correnti, continuiamo a spendere, qualcuno ci guadagna, bene per il PIL se volete, ma non per il Paese.

L'investimento in infrastrutture è cruciale per il futuro. Non solo, ma ha un fattore moltiplicativo. La rete GARR vede coinvolte sessanta persone, ma ci sono sei milioni di persone che la usano, quindi l'effetto di vantaggio che viene prodotto dall'utilizzo dell'infrastruttura è enorme. La rete stessa è un patrimonio, ma c'è un fattore moltiplicativo di quello che viene prodotto da coloro che usano a loro volta quel patrimonio. E lo sanno le aziende private che lo fanno.

Prendete l'esempio di GitHub, una piattaforma dove si dispongono i *software open source*; è un servizio gratuito, quindi uno va lì, mette il proprio *software* e lo può scambiare con altri. Ebbene, GitHub perde; è un'azienda privata ma ha una perdita di circa 160 milioni l'anno. Perché fa questo? Perché mette il servizio a disposizione gratuitamente nonostante sia in perdita? Perché sa che è un investimento sul futuro. È un'infrastruttura che costruisce e che ha valore, tant'è vero che un anno fa è stata acquisita per 2 miliardi da Microsoft nonostante fosse un'impresa in perdita. Noi capiamo che l'investimento in infrastrutture ci consente di crescere. Quindi, questo è il motivo per cui vale la pena comunque investire in infrastrutture: porta competenze, costruisce ricchezza patrimoniale solida, che resta, che si vede, che posso andare a toccare; non è qualcosa per cui ho speso dei soldi che sono usciti dal mio conto corrente e sono finiti da qualche parte.

Quindi, costruire le infrastrutture è fondamentale. Peraltro, costruire consente a noi d'imparare, e questo è un aspetto fondamentale. Non vedo la ragione di impedire ad altri di fare le loro cose, però possiamo fare anche noi le nostre.

L'esempio della sentenza di Apple di ieri mostra che stiamo sbagliando, perché non possiamo pensare che sia un problema di concorrenza. Lo ha detto la Corte di giustizia: non c'è alcun problema di concorrenza, perché chiunque altro avrebbe potuto fare quello che ha fatto Apple. Quindi cosa c'è di sbagliato? Sono le leggi che hanno consentito ad Apple di fare ciò che ha fatto. Apple ha fatto quello che gli era consentito, ragion per cui non possiamo prendercela con Apple ma con noi stessi che abbiamo consentito che si potesse fare un trasferimento di tassazione da un Paese all'altro senza battere ciglio. Il paradosso è che gli irlandesi dicono di poter rinunciare benissimo a 13 miliardi. Preferiscono rinunciare a 13 miliardi! È davvero paradossale. Noi non vogliamo rinunciare a 13 miliardi, ma vogliamo che ci siano equità, giustizia ed equilibrio. È giusto che le aziende private facciano i loro interessi e i loro progetti, ma noi vogliamo anche che le aziende italiane facciano i loro profitti e le aziende italiane non possono farlo se, come si diceva prima, Google stabilisce di investire 900 milioni per costruire la sua infrastruttura in Italia. Il presidente Conte ha detto di essere felice che Google investa in Italia; pensiamo, invece, alla circostanza in cui fosse l'Italia a investire 900 milioni per la sua infrastruttura di *cloud* nazionale da mettere insieme a quella della Germania e della Francia nel progetto GAIA-X per realizzare un *cloud* europeo a disposizione delle aziende e della pubblica amministrazione e dell'intera comunità europea. Ciò che cambierebbe è che impare-

remmo, metteremmo in piedi infrastrutture ed edifici dove mettere le macchine, formeremmo tecnici in grado di far funzionare queste macchine con tutta una serie di ricadute e avremmo un effetto positivo sulla nostra economia. Soprattutto, saremmo in grado di fare cose diverse da quelle che fanno gli altri. Ci sono, per esempio, degli strumenti che possono essere usati per sviluppare e facilitare la discussione delle leggi. Ne ho parlato in una precedente audizione in Senato: si tratta di sistemi in grado di organizzare i testi delle proposte legislative mettendo da una parte quelle a favore e dall'altra quelle contrarie e costruire uno strumento di supporto al dibattito. Possiamo fare tutte queste cose se ne viene data la possibilità. Come dicevo prima, il modello GPT-3, sviluppato sull'inglese, funziona benissimo in quella lingua, ma in italiano non c'è e bisogna farselo. Non possiamo aspettare che siano gli altri a farcelo. Dire che è positivo che stiano investendo in Italia è un'arma a doppio taglio, perché se investiamo noi in Italia facciamo ancora meglio.

PRESIDENTE. Ringrazio il nostro ospite per il contributo offerto ai nostri lavori e dichiaro conclusa l'audizione.

Rinvio il seguito dell'indagine conoscitiva in titolo ad altra seduta.

*I lavori terminano alle ore 9,30.*





