



ISSN: 2038-3282

Pubblicato il: gennaio 2021

©Tutti i diritti riservati. Tutti gli articoli possono essere riprodotti con l'unica condizione di mettere in evidenza che il testo riprodotto è tratto da www.qtimes.it
Registrazione Tribunale di Frosinone N. 564/09 VG

Artificial intelligence, personalization of teaching and individual self-determination¹

Intelligenza artificiale, personalizzazione dell'insegnamento ed autodeterminazione individuale

di

Nicola Santangelo²

n.santangelo@unicas.it

Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale

Mariolina Ciarnella³

mciarnella@irase.it

IRASE Nazionale, Istituto per la ricerca Accademica Sociale ed Educativa

Abstract

The paper analyzes the role that artificial intelligence is taking on in teaching processes, with particular reference to the possibility of monitoring students' attention, during lessons or during an exam, using facial recognition software and movement analysis eyepieces. If on the one hand these tools allow a high degree of personalization of the didactic action, (ensuring

¹ L'articolo è frutto di una scrittura condivisa. Per fini di riconoscimento accademico i paragrafi sono così attribuiti a: Mariolina Ciarnella i paragrafi 1 e 4; a Nicola Santangelo i paragrafi 2 e 3. La bibliografia è equamente attribuibile.

² Professore a contratto di Psicologia delle Comunicazioni Sociali, presso l'Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale, Dipartimento di Scienze Umane, Sociali e della Salute

³ Presidente IRASE Nazionale, Istituto per la ricerca Accademica Sociale ed Educativa

constant monitoring of the student) on the other, they could favor the adoption of “inauthentic” attitudes, dictated more by the need to overcome the “control of machine”, which from the adoption of a real cognitive process aimed at avoiding, or at least reducing, distractions. Subject of analysis are: the delicate balance between the need to personalize teaching (immediate and continuous feedback), the possibilities offered by artificial intelligence and the self-determination capacity of individuals (actualizing tendency). The paper offers some insights into the possibility of constructively combining the needs of teaching with the innovations introduced by new information technologies.

Keywords: Training, artificial intelligence, didactic action, attention, individual self-determination.

Abstract

L'articolo analizza il ruolo che l'intelligenza artificiale sta assumendo nei processi di insegnamento, con particolare riferimento alla possibilità di monitorare l'attenzione degli studenti, durante le lezioni o nel corso di un esame, mediante software di riconoscimento facciale ed analisi dei movimenti oculari. Questi strumenti, se da un lato consentono una elevata personalizzazione dell'azione didattica, (garantendo un monitoraggio costante dello studente) dall'altro, potrebbero favorire l'adozione di atteggiamenti “inautentici”, dettati più dall'esigenza di superare il “controllo della macchina”, che dall'adozione di un vero e proprio processo cognitivo finalizzato ad evitare, o comunque ridurre le distrazioni. Oggetto di analisi sono: il delicato equilibrio tra l'esigenza di personalizzare l'insegnamento (feedback immediato e continuo), le possibilità offerte dall'intelligenza artificiale e la capacità di autodeterminazione degli individui (tendenza attualizzante). L'articolo offre alcuni spunti di riflessione sulla possibilità di coniugare in modo costruttivo le esigenze della didattica con le innovazioni introdotte dalle nuove tecnologie informatiche.

Parole chiave: Formazione, intelligenza artificiale, azione didattica, attenzione, autodeterminazione individuale.

1. Premessa

Nella società della conoscenza, dove il vero capitale è rappresentato dal sapere, le tecnologie assumono un ruolo di primo piano nella vita delle persone, non solo perché consentono di svolgere la gran parte delle attività che caratterizzano la quotidianità di ogni individuo, ma anche perché permettono di superare le barriere del tempo e dello spazio, consentendo a ciascuno di collaborare con gli altri ed essere contemporaneamente presente in luoghi anche molto distanti tra loro. Viene meno la necessità di doversi recare fisicamente in un determinato luogo, possibilità che nel corso dell'emergenza epidemiologica, dovuta al nuovo coronavirus Covid-19, ha raggiunto la sua massima espressione, consentendo alle persone di continuare a svolgere le proprie attività (smart working e didattica a distanza) anche da remoto.

La disponibilità di una connessione ad internet moltiplica le possibilità di interazione, non solo con le persone, ma anche con oggetti, veicoli ed abitazioni che, grazie alle potenzialità offerte dalla rete, diventano “smart” (in grado di inviare feedback e ricevere istruzioni da remoto in tempo reale). Le innovazioni tecnologiche stanno rivoluzionando, non solo il modo di lavorare ed interagire con oggetti e persone, ma anche il nostro modo di pensare, che si evolve e si trasforma in funzione delle possibilità offerte da questi nuovi strumenti di comunicazione.

Ad accelerare il cambiamento concorrono le trasformazioni introdotte dalla quarta rivoluzione industriale, che vede nell’intelligenza artificiale la sua massima espressione. Oggi siamo nell’era delle “macchine pensanti”, strumenti informatici ad elevata tecnologia, (reti neurali capaci di apprendere mediante programmi di machine learning) in grado di simulare il pensiero umano ed in alcuni casi prendere anche decisioni in autonomia.

Le applicazioni di queste tecnologie sono molteplici: «l’intelligenza artificiale, oggi, può guidare al posto nostro, prendersi cura delle persone anziane o malate, svolgere lavori pericolosi o usuranti, aiutarci a prendere decisioni ponderate, basate sulla gestione razionale di grandi moli di dati. Ci può permettere di comunicare in lingue che non conosciamo, può seguirci nello studio e aumentare le esperienze culturali o di intrattenimento a nostra disposizione» (Agenzia per l’Italia digitale, 2018, p. 9).

Tra gli strumenti che «già oggi possono avere effetti benefici sul lavoro della Pubblica amministrazione», l’Agenzia per l’Italia digitale indica i seguenti: «chatbot che rispondono alle domande dei cittadini, aiutandoli nella ricerca di informazioni o nello svolgimento delle pratiche, oppure i robot che si prendono cura dei malati, gli algoritmi che leggono i risultati degli esami medici, quelli che seguono il percorso scolastico degli studenti e li aiutano a migliorare la loro preparazione, i mezzi per il monitoraggio e la gestione delle carriere, quelli per la sorveglianza dei luoghi pubblici o per il riconoscimento di minacce in rete, gli strumenti per la gestione razionale dei problemi generati dalle catastrofi naturali e molti altri ancora». (*Ibidem*).

Tra le prospettive di impiego (sia attuali che di lungo periodo) dell’intelligenza artificiale nella pubblica amministrazione, per quanto concerne il sistema scolastico, si segnalano le seguenti: «strumenti automatici per la valutazione; personalizzazione del materiale didattico; tutoring automatizzato, per mezzo di strumenti di raccomandazione per tenere viva l’attenzione; suggerimenti inerenti variazioni personalizzate da introdurre nel programma scolastico; estrazione di indicatori predittivi di rischio di abbandono scolastico» (*Ivi*, p. 44).

Nel rapporto di valutazione dell’OECD su scienza, tecnologia e industria 2017, *The digital transformation*, si evidenzia come tra le tecnologie più importanti dell’economia digitale odierna vi siano: l’internet delle cose, l’intelligenza artificiale e l’analisi dei big data. Queste tecnologie (trasformazioni digitali) hanno un impatto diretto sulla scienza, sull’innovazione, l’economia ed il modo in cui le persone vivono e lavorano (OECD, 2017, p. 13).

Analizzando il numero di brevetti presentati (periodo 2010-2015) nell’ambito dell’intelligenza artificiale è possibile individuare i paesi più attivi sul versante delle innovazioni nell’ambito delle ICT (Information and Communication Technologies). Tra questi vi sono il Giappone (27,9%), la Corea (17,5%), gli Stati Uniti (17,2%), la Cina (10,4%) e

Taiwan (8,9%). L'Unione europea (UE28), nello stesso periodo ha presentato l'11,9% dei brevetti. Nel 2015, in tutto il mondo, sono stati depositati 18.000 brevetti relativi ad invenzioni nel campo dell'intelligenza artificiale, di cui il 62% (periodo 2010-2015) da Giappone, Corea e Stati Uniti (*Ibidem*). Il principale ambito di applicazione di questi brevetti è rappresentato dalle tecnologie utilizzate per l'analisi dei big data, con particolare riferimento all'elaborazione, al trasferimento dei dati digitali ed alle applicazioni utilizzate per i trasporti e la salute (*Ivi*, p. 22-23).

Anche se i sistemi di intelligenza artificiale, ad oggi, ancora non sono in grado di riprodurre il funzionamento complesso della mente umana, «le ricerche sulla cosiddetta Full intelligence e sulla Strong AI, sia sul lato della Neuro Evolution (NE), sia su quello della Brain Intelligence (BI), sono ancora in fase embrionale» e le reti neurali attualmente disponibili sono in grado di emulare solo alcune abilità circoscritte del nostro cervello, non bisogna sottovalutare il potenziale e l'impatto che questa disciplina sta avendo in molti settori (Agenzia per l'Italia digitale, 2018, p. 42).

Nonostante l'ambito di ricerca nel quale questo lavoro si inserisce è nuovo e gli studi disponibili sono ancora limitati, in questa sede, si ritiene utile analizzare le possibilità offerte dall'intelligenza artificiale nell'implementazione di modelli didattici innovativi, con particolare riferimento alla possibilità di acquisire informazioni (monitoraggio dell'attenzione) che consentano un elevato livello di personalizzazione dell'azione didattica. Su questi elementi si concentrano le riflessioni che seguono; l'obiettivo è quello di offrire alcuni spunti di riflessione mediante la presentazione di esperienze e studi sul tema, che consentano di analizzare il delicato rapporto tra: l'esigenza di personalizzazione della didattica, le possibilità offerte dall'intelligenza artificiale (monitoraggio attivo) ed il valore formativo dell'autodeterminazione individuale.

2. La scuola nell'era dell'intelligenza artificiale

L'esigenza di personalizzare la didattica in funzione delle specifiche caratteristiche di ogni studente è da sempre al centro del discorso pedagogico e ogni docente, nel corso della propria esperienza professionale, è chiamato a confrontarsi quotidianamente con questa esigenza. La personalizzazione dei contenuti è importante, perché consente, non solo di rendere la didattica più interessante e coinvolgente, ma anche di "individualizzare" i contenuti in funzione delle caratteristiche "uniche" che contraddistinguono e definiscono ogni studente.

Per raggiungere questo obiettivo ogni docente è chiamato ad operare una gestione molto attenta del contesto di classe, che inizia con l'ascolto (lettura attenta dei feedback forniti dagli studenti), tiene conto dei bisogni individuali (analisi del comportamento individuale) e si conclude con l'individuazione di un metodo e delle metodologie didattiche più idonee per consentire a tutti gli studenti di raggiungere il pieno successo formativo.

A fare la differenza nei processi educativi è la sinergia che viene a crearsi tra metodo e metodologia, i due termini non sono sinonimi «ma in rapporto; la seconda si distingue dal primo (che contiene in sé un certo prescrittivismismo pratico) in quanto attività che riguarda "il modo" in cui la conoscenza si ottiene: ricerca, fatto, scelta e modalità seguita per scoprire le cose. Fondamento dell'agire, del significato del "fare" della ricerca, punto di vista e pensiero fondamentale del conoscere, la metodologia riguarda i principi che guidano analogamente sia

le pratiche educative che quelle della ricerca spiegando le ragioni per le quali si sta operando o utilizzando determinati metodi o strumenti sia nella ricerca che nella didattica» (Nuzzaci, 2016, p. 22).

In questo scenario, una lettura attenta dei feedback è fondamentale (personalizzazione ed individualizzazione dell'insegnamento) perché consente di adeguare le metodologie didattiche utilizzate, in funzione della risposta individuale di ogni studente.

Baldacci, rispetto al tema dell'individualizzazione e della personalizzazione, evidenzia come il percorso scolastico debba «assicurare a tutti il possesso delle conoscenze e delle competenze fondamentali per l'accesso alla cittadinanza attiva; permettere a ognuno di sviluppare le proprie specifiche potenzialità e inclinazioni, in vista delle proprie scelte professionali. In maniera schematica, l'individualizzazione mira al primo traguardo, la personalizzazione al secondo. L'una porta tutti gli alunni a raggiungere certi obiettivi comuni; l'altra conduce ogni scolaro a raggiungere propri specifici traguardi. Insomma, nell'individualizzazione l'obiettivo è il medesimo per tutti, nella personalizzazione è diverso per ognuno. La prima è maggiormente sensibile alla formazione del cittadino, la seconda a quella del produttore. Così definite, individualizzazione e personalizzazione rappresentano misure formative complementari, e la scuola dovrebbe perciò integrarle nel proprio profilo didattico. [...] Solo la loro combinazione e il loro complessivo equilibrio può garantire tanto la formazione del produttore, quanto quella del cittadino» (Baldacci, 2014, p. 120).

Per raggiungere questo obiettivo, la capacità dei docenti di cogliere i feedback che provengono dall'ambiente sociale/scolastico e dagli studenti è molto importante (si acquisisce con l'esperienza e si sviluppa nel corso del tempo) perché può contribuire in modo determinante ad incrementare l'efficacia dell'azione didattica. Ed è proprio su questa esigenza della didattica, che le recenti applicazioni dell'intelligenza artificiale consentono di intervenire, mediante software per il riconoscimento facciale ed analisi dei movimenti oculari che consentono di effettuare un monitoraggio molto accurato del livello di attenzione degli studenti.

Queste tecnologie stanno diventando sempre più popolari «Nick Bostrom, direttore del Future of Humanity Institute presso l'Università di Oxford nel Regno Unito, ha osservato che dal 2006 l'intelligenza artificiale è ormai parte integrante della nostra vita quotidiana: “Molte IA all'avanguardia sono presenti in applicazioni di uso comune e spesso non vi è la necessità di precisare che si tratta di IA, perché una volta che qualcosa diventa abbastanza utile e abbastanza comune non viene più etichettato come IA”» (Popenici & Kerr, 2017, p. 5). Si pensi ad esempio al proliferare degli assistenti vocali (vere e proprie forme di intelligenza artificiale) presenti ormai sulla gran parte dei device o alla diffusione di hardware creati ad hoc per utilizzare queste forme di assistenza virtuale. L'impatto che l'intelligenza artificiale sta avendo sull'economia globale non è trascurabile, basti pensare che «giganti della tecnologia come Apple, Google, Microsoft e Facebook attualmente competono nel campo dell'intelligenza artificiale e stanno investendo molto in nuove applicazioni e ricerca» (Ivi, p. 6).

Tra le applicazioni più interessanti di queste tecnologie si segnalano il riconoscimento facciale e l'analisi dei movimenti oculari. L'analisi dei movimenti oculari consente, non solo di ricostruire l'intero percorso seguito dagli occhi del soggetto, ma anche di registrare il tempo di permanenza sugli stimoli presenti nell'ambiente, sia fisico che virtuale, creando una

vera e propria rappresentazione digitale dell'esperienza visiva. Si pensi ad esempio alla possibilità di monitorare il percorso seguito dagli occhi, registrando le differenze (in termini di attenzione) che possono emergere nella lettura di testi cartacei o digitali, dove possono essere presenti elementi capaci di influenzare il percorso di lettura (inserzioni pubblicitarie o rimandi ad altre pagine); alla disposizione degli elementi presenti in un testo stampato, in una pagina web, alla collocazione degli oggetti nello spazio o alle interazioni visive (tra studenti o docenti e studenti) che avvengono in classe durante le lezioni.

Nel contesto scolastico, l'analisi del tracciamento oculare può essere molto utile, perché consente di comprendere le fasi iniziali dei processi cognitivi connessi con l'elaborazione delle informazioni (Jarodzka et al., 2020).

L'analisi di questi scenari, nel contesto delle Scienze dell'Educazione, può essere molto importante perché fornisce una ulteriore chiave di lettura di un fenomeno estremamente complesso, come quello delle interazioni che quotidianamente avvengono nelle aule scolastiche. In questi contesti, non solo vi è la contemporanea presenza di più studenti, ma gli eventi si susseguono anche in rapida successione (molte cose accadono nello stesso momento e molto velocemente). Il docente deve: monitorare, gestire, valutare e personalizzare l'insegnamento in funzione delle specifiche caratteristiche di ogni studente. Gli studenti devono acquisire le informazioni rilevanti, desumendole dalla spiegazione del docente e dal materiale didattico a disposizione, contemporaneamente devono gestire gli elementi di distrazione (interazioni con i compagni) in una situazione che prevede per entrambi gli attori (docenti e studenti) un elevato livello di interazione (*Ibidem*).

In questo scenario di complessità, l'analisi della percezione visiva può essere molto utile, perché fornisce indicazioni dettagliate sugli stimoli che destano l'attenzione del soggetto. Le ricerche condotte nell'ambito delle Scienze dell'Educazione si riferiscono a studi che indagano prevalentemente la percezione visiva di un singolo studente che analizza del materiale di studio in un laboratorio di tracciamento oculare. Questi studi offrono numerosi spunti di riflessione per migliorare la progettazione del materiale multimediale utilizzato per la didattica e per i test di verifica. Ricerche precedenti, tuttavia, ne evidenziano i limiti dovuti principalmente alla rilevazione in un contesto esclusivamente laboratoriale. Condizione che non necessariamente equivale ad una rilevazione in un contesto autentico, sia per quanto concerne i risultati raggiunti che in termini di percezione visiva (*Ibidem*).

Rosengrant, Herrington e O'Brien hanno condotto uno studio per verificare, con dati empirici, la veridicità di un mito educativo molto diffuso secondo il quale, la capacità degli studenti di seguire una lezione con attenzione si esaurirebbe dopo soli 10-15 minuti. Lo studio, condotto in una università pubblica nello stato della Georgia si è protratto per cinque semestri (dal 2011 al 2015) ed ha coinvolto 17 studenti universitari (14 femmine e 3 maschi) che, per lunghi periodi di tempo, hanno seguito un numero variabile di lezioni indossando occhiali per il tracciamento dei movimenti oculari (Tobii Glasses 1).

Gli occhiali utilizzati per il tracciamento oculare sono dotati di videocamera, microfono ed un illuminatore ad infrarossi integrato in ogni lente. L'illuminatore utilizza i raggi infrarossi per determinare la posizione delle pupille del soggetto; la sua azione, combinata con le registrazioni effettuate dalle videocamere, ha consentito di tracciare i movimenti oculari con una frequenza di 30 Hz (30 volte al secondo). Per ogni minuto di

lezione il sistema è in grado di rilevare 60 punti dati, per un totale di 4200 punti dati per ogni lezione di 70 minuti.

I ricercatori hanno analizzato, secondo per secondo, l'andamento dell'attenzione degli studenti durante il compito e fuori dal compito, giungendo alla conclusione che gli studenti hanno trascorso l'88,69% del tempo sul compito, anche se una parte non trascurabile di tempo (32,92%) è stata impiegata per osservare il "bordo bianco" presente nella parte anteriore della classe. Analizzando singolarmente le dimensioni indagate per rilevare l'attenzione sul compito è possibile indicare i livelli di attenzione per il docente (25,82%), gli appunti/presentazioni (22,13%), il compagno di classe (5,38%), la valutazione, (1,35%), altro (1,10%).

Fuori dal compito l'attenzione degli studenti viene impiegata principalmente per guardarsi intorno (3,49%), nel complesso l'attenzione degli studenti è fuori dal compito per una piccola percentuale di tempo (7,43%).

Nelle rilevazioni effettuate durante il primo semestre, il livello di attenzione degli studenti, dopo soli 8 minuti dall'inizio della lezione, raggiungeva il 90% ed oltre e rimaneva stabile fino alla fine della lezione (Rosengrant et al., 2020).

I risultati di questo studio, anche se condotto su un campione molto limitato e fortemente sbilanciato verso il genere femminile, sono molto interessanti perché offrono numerosi spunti di riflessione ed aprono la strada a nuovi possibili scenari di ricerca. Si pensi ad esempio alla possibilità di utilizzare il tracciamento oculare per identificare eventuali distrattori occulti; alla possibilità di utilizzare queste rilevazioni per rivedere la progettazione di ambienti ed oggetti di arredo per renderli didatticamente "neutri" o, al contrario, "attivanti"; alla possibilità di sperimentare approcci didattici che favoriscano il coinvolgimento individuale e/o quello di gruppo o alla possibilità di testare l'effetto che un contatto visivo costante, (docenti/studenti) potrebbe avere sui relativi livelli di attenzione.

Infine, tra le possibili applicazioni di questa tecnologia, si segnala il training (funzione già disponibile), con particolare riferimento alla possibilità di utilizzare questa tecnologia per registrare i movimenti oculari di operatori esperti, al fine di delineare una strategia visivo-comportamentale che sarà successivamente replicata dal personale in formazione. Si pensi ad esempio alla possibilità di osservare le interazioni che avvengono in aula, ripercorrendo il percorso seguito dagli occhi di un docente esperto, con particolare riferimento a cosa osserva e per quanto tempo).

Questa ipotesi è supportata dai risultati di uno studio sulla percezione visiva condotto da Van den Bogert, Van Bruggen, Kostons e Jochems. Nello studio, il tracciamento oculare viene utilizzato per monitorare la capacità dei docenti di individuare gli eventi che accadono nella classe. I ricercatori giungono alla conclusione che «gli insegnanti esperti elaborano le informazioni visive più rapidamente e controllano costantemente gli alunni. Inoltre sono in grado di distribuire la loro attenzione in modo uniforme in tutta la classe» (per ulteriori approfondimenti sul tema si veda Van den Bogert et al., 2014).

Il limite principale di queste ricerche è rappresentato dall'effetto che l'hardware utilizzato per il tracciamento oculare, (occhiali eye-tracking) potrebbe avere sull'atteggiamento di docenti e studenti in termini di condizionamento del comportamento. Lo studio che segue offre una possibile soluzione a questo problema, proponendo una alternativa che non prevede la necessità di indossare occhiali per il tracciamento oculare.

Goldberg, Sümer, Stürmer, Wagner, Göllner, Gerjets, Kasneci e Trautwein, hanno utilizzato i file di lezioni video registrate e le valutazioni di operatori appositamente formati, per addestrare un algoritmo di macchine learning ad individuare il livello di coinvolgimento degli studenti nel corso di seminari tenuti in un contesto reale. L'aspetto innovativo di questo studio è rappresentato dalla possibilità di limitare l'introduzione nel contesto didattico di elementi che potrebbero condizionare il comportamento degli studenti, (presenza di ricercatori o hardware eye-tracker) perché si prende in considerazione la possibilità di utilizzare le immagini videoregistrate come materiale di ricerca.

Lo studio è stato condotto presso una università tedesca, su un campione di 52 studenti che si sono offerti volontari. Di questi l'89,5% sono donne e l'8,8% uomini, con una età media di 22 anni. Oggetto di analisi sono stati alcuni seminari (tenuti sempre dallo stesso docente) sull'analisi quantitativa dei dati. Le sessioni, dalla durata di 30/45 minuti ciascuna, sono state registrate da tre telecamere, una per l'insegnante e due per gli studenti. Partendo dal presupposto che una analisi automatizzata di filmati può essere effettuata esclusivamente sulla base di indicatori visibili, i ricercatori hanno sviluppato un nuovo strumento che consente di annotare manualmente il comportamento degli studenti utilizzando questa tipologia di indicatori. La valutazione manuale è servita come punto di partenza per addestrare l'algoritmo ad identificare il disimpegno nell'apprendimento.

Oggetto di analisi sono stati i prerequisiti per l'apprendimento individuale, con particolare riferimento ad interesse disposizionale per l'argomento, concetto di sé, abilità cognitive, risultati di apprendimento (test conoscenza) e coinvolgimento (attività auto-dichiarate). Queste rilevazioni, effettuate mediante la somministrazione di test, hanno consentito ai ricercatori di valutare il livello di correlazione tra i risultati dei test, le valutazioni del materiale registrato effettuate manualmente dagli operatori e quelle effettuate dall'algoritmo.

I valutatori hanno visionato i filmati registrati ed annotato manualmente una serie di potenziali indicatori visibili, riferibili al disinteresse degli studenti nei confronti dell'apprendimento. Oltre alle valutazioni manuali, gli stessi video sono stati analizzati anche con un approccio basato sul *machine vision*. Per le rilevazioni sono stati utilizzati sempre indicatori visibili. Per analizzare il comportamento osservabile degli studenti, sono stati individuati i seguenti indicatori: caratteristiche legate al *coinvolgimento* e caratteristiche legate alle *emozioni*. Il comportamento degli studenti è stato analizzato mediante osservazione della posizione della testa (rispetto alla telecamera ed alla rotazione intorno a tre assi), direzione dello sguardo (rappresentato mediante vettori di osservazione unitaria sia per gli occhi che per la direzione dello sguardo) ed espressioni facciali, rappresentate mediante "unità di azione facciale" che sono state valutate secondo il sistema di codifica (FACS - *facial action coding system*) elaborato da Ekman e Friesen nel 1978.

Le rilevazioni effettuate manualmente dagli operatori hanno consentito di identificare indicatori visibili che sono risultati correlati con il disimpegno nell'apprendimento. Sulla base di questi risultati, i ricercatori hanno ritenuto ragionevole utilizzare tali valutazioni per addestrare l'algoritmo a replicare queste osservazioni in modo autonomo.

Per le analisi automatizzate del coinvolgimento i ricercatori hanno utilizzato i tre indicatori individuati in precedenza (posizione della testa, direzione dello sguardo ed espressioni facciali). I risultati mostrano che l'analisi delle espressioni facciali presenta un

maggior livello di correlazione con le rilevazioni effettuate manualmente dagli operatori, rispetto all'analisi della posizione della testa o alla direzione dello sguardo, se considerate singolarmente. Combinando le caratteristiche relative al coinvolgimento con i tre indicatori citati in precedenza, i ricercatori hanno ottenuto un incremento del livello di correlazione con le valutazioni manuali. Tuttavia, l'algoritmo non è stato in grado di replicare la previsione relativa ai punteggi rilevati dal test sulla conoscenza (conoscenza dichiarata e concettuale dei partecipanti rispetto all'argomento della sessione oggetto di studio).

Questo studio si propone come punto di partenza per implementare un sistema di intelligenza artificiale che consenta di condurre in autonomia questo tipo di rilevazioni. Queste informazioni potrebbero essere molto utili non solo per fornire al docente un feedback sul livello di coinvolgimento degli studenti, ma anche per supportare la capacità di osservazione/gestione del gruppo classe nei docenti con meno esperienza (Goldberg, et al., 2019).

Tra i possibili ambiti di ricerca si segnalano: la didattica a distanza ed i meeting online. Nel primo caso, l'algoritmo potrebbe essere utilizzato per verificare l'impatto della Dad sul disimpegno degli studenti e per valutare le variazioni della curva di attenzione in relazione alla tipologia di specifici supporti didattici (nessuno, slide, video, video a 360° ed esperienze di realtà aumentata). Per quanto concerne i meeting, l'algoritmo potrebbe essere utilizzato per individuare, in relazione alla tipologia di piattaforma prescelta ed alle possibilità di interazione offerte, la durata ottimale per ogni sessione di lavoro. Il limite principale di queste ricerche è rappresentato dalla carenza di volontari (campioni molto limitati), che si traduce nell'impossibilità di condurre analisi più approfondite.

Questi limiti vengono superati dalla Cina, uno dei paesi più attivi nel campo delle ICT, che sta sperimentando alcune applicazioni dell'intelligenza artificiale su vasta scala. Riguardo alle due sperimentazioni che seguono, si precisa che non è stato possibile reperire studi dettagliati che le descrivono. Essendo però l'argomento rilevante per la ricerca educativa e l'approccio utilizzato pionieristico, ai fini del presente discorso, si ritiene utile fornire al lettore una descrizione, sia pure parziale di tali esperienze. Nel 2018, in una scuola superiore, la numero 11 di Hangzhou, è stato testato un sistema di intelligenza artificiale che ha consentito di analizzare il comportamento degli studenti sulla base della rilevazione delle loro espressioni facciali. Il sistema, a cui è stato dato il nome di "Eye Eye", utilizza tre fotocamere combinate in grado di catturare le espressioni facciali e i movimenti degli studenti da tre punti di vista diversi, senza filmare la classe (Intravaia, 2018). Il monitoraggio avviene mediante scansione del volto (ogni 30 secondi) ed è in grado di analizzare e registrare per ogni studente alcuni comportamenti di base, come leggere, scrivere, alzare la mano, alzarsi in piedi, ascoltare l'insegnante o appoggiarsi sul banco. Il software, inoltre, mediante l'analisi delle espressioni facciali è anche in grado di individuare alcuni stati d'animo come: felicità, rabbia, agitazione, paura o disgusto (Quotidiano.net, 2018). Le informazioni rilevate vengono processate dall'intelligenza artificiale ed inviate in tempo reale al monitor del docente che, in questo modo, ha la possibilità di adeguare l'azione didattica in funzione dei livelli di attenzione rilevati per ogni studente.

Nel 2019, in una scuola elementare di Jinhua Xiaoshun, nella Cina orientale, il governo di Pechino ha avviato un progetto pilota per aiutare gli insegnanti a migliorare l'attenzione dei propri studenti. Il monitoraggio avviene mediante fasce per la testa

(headbands) che utilizzano tre elettrodi, uno sulla fronte e due dietro le orecchie; l'hardware consente di rilevare l'attività elettrica nel cervello. Il sistema misura l'intensità delle onde cerebrali per ricavare un indice di attenzione ed invia i dati rilevati in tempo reale al computer dell'insegnante, fornendo un report dettagliato alla fine di ogni lezione. Le lezioni iniziano dopo una meditazione di due minuti in cui i bambini vengono incoraggiati ad ascoltare il loro "universo interiore". Il livello di concentrazione, utilizzando un algoritmo, viene rilevato dalle fasce e tradotto in un punteggio di attenzione. Il punteggio viene rappresentato in grafica come una competizione tra "razzi" che viene visualizzata su uno schermo posizionato nella parte anteriore della classe. L'altezza raggiunta dai razzi (visualizzazione dinamica) corrisponde al livello di concentrazione raggiunto dallo studente. Le fasce vengono indossate per tutta la durata della lezione, l'esercizio iniziale ha lo scopo di preparare gli studenti ad un apprendimento ottimale. Come riferito da una docente intervistata: «Il cambiamento è stato davvero evidente quando ho usato per la prima volta le fasce per la testa in una lezione. [...] La voce con cui hanno risposto alle mie domande era molto più alta». Dopo aver utilizzato il dispositivo per mezzo semestre, gli studenti della sua classe hanno guadagnato due posizioni nei risultati dei test sostenuti da tutte le classi di quarta elementare della scuola (Wang et al., 2019).

La comprensione delle differenze individuali è fondamentale per lo sviluppo di strumenti pedagogici che consentano di passare, da un approccio all'istruzione unico per tutti ad un approccio di precisione (personalizzato). «I sistemi educativi intelligenti che impiegano big data e tecniche di intelligenza artificiale sono in grado di raccogliere dati personali molto accurati. L'analisi di questi dati può essere utile per comprendere i modelli di apprendimento degli studenti ed identificare specifiche esigenze». [...] L'istruzione di precisione prende in considerazione le differenze individuali, le strategie e l'ambiente di apprendimento. «L'idea alla base dell'educazione alla precisione è analoga a quella di "medicina di precisione", in cui i ricercatori raccolgono i big data per identificare modelli rilevanti per pazienti specifici che consentono loro di personalizzare le strategie di prevenzione ed il trattamento». Allo stesso modo, l'istruzione di precisione, partendo dall'analisi dei profili e dei modelli di apprendimento degli studenti, ne può prevedere le performance consentendo al docente di intervenire in modo tempestivo sull'apprendimento (Luan et al., 2020, pp. 3-4).

Tuttavia, anche se le premesse sono molto allettanti e la sperimentazione di queste tecnologie in ambito didattico sembra aprire nuovi scenari per innovare le pratiche didattiche (se utilizzate in modo opportuno, nel rispetto della privacy, con le dovute cautele ed a fini di ricerca), è consigliabile procedere con cautela e valutare con attenzione anche i possibili effetti indesiderati, che potrebbero derivare da una loro applicazione ingenua. Nelle riflessioni che seguono, si ritiene utile avanzare alcune ipotesi sull'esigenza pedagogica di promuovere negli studenti l'autodeterminazione individuale e sull'impatto (dal punto di vista psico-pedagogico) che un impiego "poco consapevole" di queste tecnologie potrebbe avere su docenti e studenti.

3. Il ruolo dell'autodeterminazione individuale nei processi didattici

L'esigenza pedagogica di passare, da un modello in cui l'approccio all'istruzione è unico per tutti, ad un modello di precisione (che consenta di personalizzare ed individualizzare l'insegnamento) deve confrontarsi, non solo con la necessità di tutelare la privacy degli studenti, ma anche con l'esigenza educativa di predisporre interventi che siano in grado di sostenere l'autodeterminazione individuale. Si pensi ad esempio all'opportunità pedagogica di attuare interventi che favoriscano la naturale propensione dell'individuo all'auto-comprensione ed all'autoregolazione. Questa propensione, che lo psicologo statunitense Carl Rogers definisce "tendenza attualizzante" «è presente in ogni individuo e può svilupparsi al meglio se trova un ambiente facilitante e non direttivo, un terreno non oppressivo né disconfermante dove la persona possa crescere liberamente all'interno di una relazione con gli altri e con il mondo» (Loriedo & Acri, 2009, p. 324).

Per raggiungere questo obiettivo, l'azione didattica non può limitarsi alla sola trasmissione di contenuti (didattica trasmissiva), anche se effettuata sulla base di dati che in tempo reale informano sui rispettivi livelli di attenzione degli studenti. L'azione didattica, per essere efficace, deve prendere in considerazione anche elementi che spesso sono considerati "di contorno", come: bisogni, desideri, sogni, passioni aspirazioni ed interessi degli studenti.

Questi elementi sono essenziali, perché consentono ad entrambi gli attori coinvolti nel processo formativo, (docenti e studenti) di instaurare un rapporto di reciproco scambio in cui l'uno può essere di supporto all'altro nel delicato compito, non solo di imparare ad imparare, ma anche è soprattutto di imparare a vivere (scuola maestra di vita).

Cambi riferendosi alla pedagogia della comunicazione educativa, definisce la comunicazione con l'altro come: «altro-io, simile a me e diverso da me, ma che irretisce anche la mia propria identità, la quale nasce sempre anche e soprattutto dal confronto e dalla sua intricata dialettica» (Cambi & Toschi, 2006, p. 64).

In tale contesto «la relazione educativa richiede che l'adulto sia in grado di porsi in un atteggiamento autentico di accoglienza e rispetto della persona presa in carico nella consapevolezza che essa, come tutti gli esseri viventi, possiede in sé una tendenza attualizzante che la mette in condizione di fare riferimento alle proprie risorse e alle proprie soluzioni» (Riccio, 2009, p. 201).

Tornano alla mente le parole di Michelangelo, utili per definire la relazione educativa come un vero e proprio "lavoro artigiano" in cui il docente, dovrebbe limitarsi solo a rimuovere il superfluo, per consentire all'opera che è già nella pietra (in ciascuno di noi) di emergere. Il superfluo è identificabile in ogni elemento materiale ed immateriale in grado di influenzare la condotta dell'individuo l'imitandone, di fatto, le possibilità di espressione. Rispetto a questa esigenza pedagogica, l'intelligenza artificiale può solo supportare l'azione didattica fornendo feedback in tempo reale. Il delicato compito di individuare e rimuovere le cause che, di fatto, impediscono al soggetto di esprimere il proprio potenziale, resta e resterà sempre una prerogativa del "lavoro artigiano" che ogni docente compie giorno dopo giorno.

Il docente artigiano può essere definito come un professionista che: «a) impara attraverso l'azione [...] b) pianifica le pratiche tramite forme di apprendimento cooperativo, in cui il docente non è più colui "che sa" e "sa fare tutto", e perciò si arroga unilateralmente il diritto di giudicare gli altri [...] c) garantisce forme di responsabilizzazione condivise, motiva il lavoro interdisciplinare e rafforza i momenti informali del gruppo [...] d) sviluppa una

leadership comune e condivisa [...] è l'ispiratore di un sogno, che suscita impegno verso l'obiettivo comune di creare una scuola cooperativa basata sul gioco di squadra); e) sviluppa un potere equamente distribuito, tale da trasmettere al gruppo – ad esempio nei momenti collegiali – supporto sociale e responsabilità; f) guida con esempio, e coltiva un'immagine professionale condivisa (intendendo per immagine il “nido” ove si coltivano – appunto – competenze, conoscenze, saperi) che valorizzi appieno la comunità; g) incoraggia la persistenza, ovvero l'impegno a lungo termine, l'impegno a sforzarsi continuamente a migliorare le proprie competenze, ad arricchire sempre la propria intelligenza morale» (Pignalberi, 2013, p. 33).

In questo contesto, anche se l'intelligenza artificiale può essere un valido ausilio per i docenti, perché, come già detto, consente una lettura molto minuziosa, non solo dei feedback immediatamente evidenti, ma anche di stati d'animo ed emozioni che ad una prima analisi potrebbero sfuggire ai docenti con meno esperienza, se ne consiglia, almeno in una prima fase, un impiego in contesto di laboratorio o a fini di ricerca.

La raccomandazione nasce dall'esigenza di individuare i limiti, le opportunità e l'impatto che una applicazione in contesto scolastico dell'intelligenza artificiale, un sistema complesso che utilizza il machine learning per apprendere dall'esperienza, potrebbe avere su docenti e studenti. La tecnologia è nuova e gli studi disponibili nell'ambito delle Scienze dell'Educazione si concentrano soprattutto sulle possibili applicazioni. Manca una vera e propria letteratura di riferimento sugli effetti indesiderati di queste applicazioni (limiti).

Pertanto, in questa sede, si ritiene opportuno avanzare solo delle ipotesi sui possibili effetti che, un controllo così minuzioso (dispositivi per il tracciamento oculare, headbands e telecamere per il riconoscimento facciale) potrebbe avere, non solo sulla capacità di autodeterminazione individuale degli studenti, ma anche sulla capacità dei docenti di mantenere, quando le circostanze lo richiedono, un atteggiamento di neutralità non influenzato dal report della macchina.

Il pericolo insito in questo tipo di tecnologie deriva dall'impatto psicologico che, un controllo così capillare, potrebbe produrre sulla capacità di autodeterminazione individuale degli studenti. Un monitoraggio costante potrebbe favorire negli studenti l'adozione di atteggiamenti inautentici che, in molti casi, potrebbero essere dettati più dall'esigenza di superare il “controllo della macchina” che dall'adozione di un vero e proprio processo cognitivo, finalizzato ad evitare o comunque a ridurre le distrazioni.

I moderni sistemi di intelligenza artificiale possono solo misurare il livello di concentrazione dello studente in specifici momenti, se l'esito è positivo si presuppone che lo studente abbia superato il controllo della macchina. Il limite è rappresentato dal fatto che queste rilevazioni non tengono conto dei motivi che possono indurre gli studenti ad essere concentrati, ne deriva che uno studente potrebbe risultare particolarmente attento, anche se assorto in pensieri che nulla hanno a che vedere con la spiegazione del docente. Questa possibilità potrebbe indurre gli studenti ad impegnare le proprie risorse cognitive in attività frivole, al solo scopo di “risultare attenti”, sottraendo, in questo modo risorse preziose al processo di apprendimento.

Nelle “Proposte per una strategia italiana per l'intelligenza artificiale”, elaborate dal gruppo di esperti del MISE sull'intelligenza artificiale, viene ribadita la necessità di promuovere l'autodeterminazione individuale: «la strategia italiana per l'intelligenza

artificiale deve porre una particolare enfasi sulla capacità dell'individuo di autodeterminarsi, di conservare la propria sfera privata e di trovare adeguata educazione, supporto e protezione nell'utilizzo di sistemi AI come individuo, cittadino, utente, consumatore e lavoratore. Riteniamo fondamentale che tutti i cittadini siano resi edotti delle potenzialità e dei limiti dell'AI: pertanto i sistemi di AI devono essere, ove possibile, pienamente trasparenti e spiegabili per l'utente non dotato di conoscenze scientifiche e tecnologiche avanzate, ossia la maggior parte» (Ministero dello Sviluppo Economico, 2020, p. 39).

Infine, non bisogna sottovalutare l'influenza che i risultati del monitoraggio potrebbero avere sull'atteggiamento dei docenti, che potrebbe essere influenzato dal livello di aspettativa indotto dai report sull'attenzione. Torna alla mente l'effetto pigmalione con il noto studio condotto da Rosenthal e Jacobson che, nel 1968, hanno dimostrato come le aspettative delle persone possono dare forma alla realtà. L'esperimento è stato condotto in una scuola elementare di San Francisco, somministrando agli studenti un test di livello intellettuale. Dopo la somministrazione, ai docenti furono comunicati gli esiti con il livello intellettuale dei rispettivi alunni, dai quali risultava che alcuni di essi «erano molto intelligenti e che avrebbero raggiunto risultati scolastici molto buoni. In realtà i nomi dei ragazzi “molto intelligenti” furono scelti a caso e indipendentemente dal vero punteggio riportato nel test. I ricercatori prevedevano che l'informazione circa le capacità intellettuali degli alunni avrebbero portato gli insegnanti a formulare delle aspettative nei loro confronti, ovvero a formarsi degli schemi (di alunno dotato e alunno meno dotato) e che ciò avrebbe influenzato il loro comportamento». Otto mesi dopo i ricercatori si recarono nuovamente presso l'istituto scolastico per ripetere l'esperimento. «I risultati rivelarono che i ragazzi indicati come particolarmente promettenti avevano avuto un incremento del punteggio di livello intellettuale significativamente superiore a quello dei ragazzi del gruppo di controllo: le aspettative che erano state indotte negli insegnanti sembravano aver prodotto degli effetti nella direzione attesa». Ulteriori ricerche hanno consentito di appurare che il realizzarsi delle aspettative era, almeno in parte, dovuto alle attenzioni che i docenti riservavano agli alunni indicati dal test come i più promettenti, dedicavano loro più attenzioni, li invitavano a risolvere compiti più complessi, fornivano loro feedback positivi più frequenti e li invitavano ad intervenire durante le lezioni (Mannetti, 2002, pp. 61-62).

Le tecnologie basate sull'intelligenza artificiale hanno il potenziale per apportare un enorme cambiamento nel mondo della scuola, ma una loro applicazione su vasta scala richiede necessariamente cautela ed una formazione psico-pedagogica adeguata. Questo passaggio preliminare è fondamentale, se si vuole consentire a tutti i soggetti coinvolti, di trarre il massimo vantaggio dalle future applicazioni di queste tecnologie in ambito didattico.

4. Considerazioni conclusive

L'intelligenza artificiale ha il potenziale per apportare una vera e propria rivoluzione nel mondo della scuola, anche se la strada per il cambiamento è lastricata di difficoltà. Si pensi ad esempio: alla velocità con cui questi sistemi si innovano; alle implicazioni di carattere psico-pedagogico connesse con l'adozione e la gestione di queste tecnologie; all'esigenza di tutelare la privacy ed alla necessità di predisporre interventi educativi che

favoriscano negli studenti l'adozione di atteggiamenti autentici, finalizzati alla promozione dell'autodeterminazione individuale.

I problemi connessi con l'adozione di queste tecnologie possono essere numerosi, ma numerose sono anche le opportunità che un uso consapevole e responsabile dell'intelligenza artificiale potrebbe consentire di cogliere. Con l'emergenza pandemica la scuola ha dimostrato una grande capacità di rinnovarsi, adeguando l'erogazione della didattica alle possibilità offerte dalle moderne tecnologie di comunicazione. In questo contesto, l'intelligenza artificiale potrebbe rappresentare una delle prossime sfide con cui cimentarsi, soprattutto nell'ambito della ricerca educativa.

Riferimenti bibliografici:

- Baldacci, M. (2014). *Per un'idea di scuola. Istruzione, lavoro e democrazia*. Milano: FrancoAngeli.
- Cambi, F., & Toschi, L. (2006). *La comunicazione formativa. Strutture, percorsi, frontiere*, Milano: Apogeo.
- Goldberg, P., Sümer, Ö., Stürmer, K., Wagner, W., Göllner, R., Gerjets, P., Kasneci, E., & Trautwein, U. (2019). Attentive or Not? Toward a Machine Learning Approach to Assessing Students' Visible Engagement in Classroom Instruction. *Educational Psychology Review*. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09514-z>
- Jarodzka, H., Skuballa, I., & Gruber, H. (2020). Eye-Tracking in Educational Practice: Investigating Visual Perception Underlying Teaching and Learning in the Classroom. *Educational Psychology Review*. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09565-7>
- Loriedo, C., & Acri, F. (2009). *Il setting in psicoterapia. Lo scenario dell'incontro terapeutico nei differenti modelli clinici di intervento*, Milano: FrancoAngeli.
- Luan, H., Geczy, P., Lai, H., Gobert, J., Yang, S., Ogata, H., Baltes, J., Guerra, R., Li, P., & Tsai, C.C. (2020). Challenges and Future Directions of Big Data and Artificial Intelligence in Education. *Frontiers in psychology*, *11*, 580820. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.580820>
- Mannetti, L. (2002). *Psicologia Sociale*, Roma: Carocci Editore.
- Nuzzaci, A. (2016). Promuovere e sostenere le competenze metodologiche di insegnanti e formatori per la riuscita dell'insegnamento e la qualità della formazione, *Formazione & Insegnamento*, Pensa MultiMedia, *14*(3), 17-36. doi: 107346/-fei-XIV-03-16_02
- Pignalberi, C. (2013). Intelligenza pratica e Processi di legittimazione periferica. Le nuove sfide per il successo scolastico a partire dall'innovazione e il cambiamento. *Lifelong, Lifewide Learning*, *9*(22), 30-44.
- Popenici, S.A.D. & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and practice in technology enhanced learning*, *12*(22). <https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8>
- Riccio, R. (2009). *La prevenzione in ambito educativo. Nuovi itinerari di formazione*. Roma: Armando Editore.
- Rosengrant, D., Herrington, D. & O'Brien, J. (2020). Investigating Student Sustained Attention in a Guided Inquiry Lecture Course Using an Eye Tracker. *Educational Psychology Review*. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09540-2>

Sorrentino, M. (2017). *Intelligenza artificiale: lezioni dalla Cina in Sguardi sull'Asia e altri scritti in onore di Alessandra Cristina Lavagnino*, a cura di, Bulfoni, C, Lupano, E. & Mottura, B. Milano: LED, (pp. 111-122).

Testo disponibile al link: <http://www.ledonline.it/index.php/LCM-Journal/pages/view/qlcm-9-Asia>

Van den Bogert, N., Van Bruggen, J., Kostons, D., & Jochems, W. (2014). First steps into understanding teachers' visual perception of classroom events. *Teaching and Teacher Education*, 37, 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.09.001>.

Riferimenti sitografici:

Agenzia per l'Italia Digitale. (2018). *Libro Bianco sull'Intelligenza Artificiale al servizio del cittadino*, a cura della Task force sull'Intelligenza Artificiale dell'Agenzia per l'Italia Digitale e Dipartimento della funzione pubblica.

Testo disponibile al link:

<https://ia.italia.it/assets/librobianco.pdf>

Data di ultima consultazione, 5 gennaio 2021

OECD. (2017). *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017: The digital transformation*, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264268821-en>

Testo disponibile al link:

<https://www.oecd.org/sti/oecd-science-technology-and-industry-scoreboard-20725345.htm>

Data di ultima consultazione, 5 gennaio 2021

Pastuglia, L. (2018). *Le emozioni degli studenti cinesi controllate con il riconoscimento facciale*. *La Stampa*.

Testo disponibile al link:

<https://www.lastampa.it/tecnologia/news/2018/05/26/news/le-emozioni-degli-studenti-cinesi-controllate-con-il-riconoscimento-facciale-1.34019927>

Data di ultima consultazione, 5 gennaio 2021

Wang, Y., Hong, S. & Tai C. (2019). *China's Efforts to Lead the Way in AI Start in Its Classrooms. A fast-spreading use of artificial intelligence in schools from kindergartens to universities provides the country with an unrivaled database*. *The Wall Street Journal*

Testo disponibile al link:

<https://www.wsj.com/articles/chinas-efforts-to-lead-the-way-in-ai-start-in-its-classrooms-11571958181>

Si veda anche:

<https://www.youtube.com/watch?v=JMLsHI8aV0g>

Data di ultima consultazione, 5 gennaio 2021

Intravaia, S. (2018). *Il prof non basta più: per i distratti arriva l'occhio elettronico*. *La Repubblica*.

Testo disponibile al link:

https://www.repubblica.it/scuola/2018/05/22/news/il_prof_non_basta_piu_per_i_distratti_arri_va_l_occhio_elettronico-197072568/

Data di ultima consultazione, 5 gennaio 2021

Quotidiano.net (2018). *Cina, riconoscimento facciale a scuola per controllare gli studenti*

Testo disponibile al link:

<https://www.quotidiano.net/esteri/riconoscimento-facciale-1.3928535>

Data di ultima consultazione, 5 gennaio 2021

Ministero dello Sviluppo Economico. (2020). *Proposte per una Strategia italiana per l'intelligenza artificiale. Elaborata dal Gruppo di Esperti MISE sull'intelligenza artificiale.*

Testo disponibile al link:

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

Data di ultima consultazione, 5 gennaio 2021