

Educational robotics and artificial intelligence education: what priorities for schools?

Robotica educativa ed educazione all'intelligenza artificiale: quali priorità per la scuola?

Luca Ferrari^a, Anita Macauda^b, Alessandro Soriani^c, Veronica Russo^{d,1}

^a *Università di Bologna*, l.ferrari@unibo.it

^b *Università di Bologna*, anita.macauda@unibo.it

^c *Università di Bologna*, alessandro.soriani@unibo.it

^d *Università di Bologna*, veronica.russo6@unibo.it

Abstract

It is an increasingly common practice in schools to propose to children and young people educational activities based on the use of robots to introduce topics such as digital competences, computational thinking and artificial intelligence (AI) education. Although, the potentials of educational robotics are many, we must also ask ourselves what it means today, for a teacher to educate to AI. In this regard, this contribution reports the most significant aspects that emerged from a first exploratory survey aimed at acquiring specific information on the use of robots in relation to AI education. The survey was carried out on a small sample of privileged witnesses belonging to the school. In the face of a recognized impact of robotics experiences on learning, specific attention emerges to what can be done to educate the new generations to be future digital citizens, aware of possible implications of AI in our lives.

Keywords: educational robotics, artificial intelligence; digital citizenship education.

Sintesi

È pratica sempre più diffusa, in ambito scolastico, quella di proporre a bambini e ragazzi attività educative basate sull'utilizzo di robot per introdurre il tema delle competenze digitali, del pensiero computazionale e dell'educazione all'intelligenza artificiale (IA). Sebbene le potenzialità della robotica educativa siano oggi molte, occorre anche chiedersi cosa significa per un insegnante educare all'IA. A questo riguardo, il presente contributo riporta gli aspetti più significativi emersi da una prima indagine esplorativa finalizzata ad acquisire specifiche informazioni sull'utilizzo dei robot in riferimento all'educazione all'IA. L'indagine è stata compiuta su un campione ristretto di testimoni privilegiati appartenenti all'ambito della scuola. A fronte di un riconosciuto impatto delle esperienze di robotica sull'apprendimento, emerge un'attenzione specifica a quello che si può fare per educare le nuove generazioni ad essere futuri cittadini digitali, consapevoli delle possibili implicazioni dell'IA nelle nostre vite.

Parole chiave: robotica educativa; intelligenza artificiale; educazione alla cittadinanza digitale.

¹ L'impianto del contributo è stato interamente condiviso dai tre autori. Nello specifico, Russo ha scritto il paragrafo 1, Ferrari i paragrafi 2-3, Macauda il paragrafo 4, Soriani i paragrafi 5-6.

1. Robot a scuola. Quali prospettive educative?

La scelta di avviare esperienze educative che prevedono la sperimentazione di robot nelle aule scolastiche, a partire dalla scuola dell'infanzia, è un fenomeno in costante aumento a livello internazionale. In parallelo, negli ultimi anni, si è assistito ad un incremento del numero di ricerche che hanno indagato l'impatto dei robot (soprattutto quelli *sociali*²) rispetto a una pluralità di competenze che possono essere sollecitate sia nei docenti sia negli studenti che partecipano, ad esempio, ad esperienze di robotica educativa.

In un recente articolo, Cheng, Su, e Chen (2018) individuano tre grandi potenzialità rispetto all'uso dei robot nella didattica. In primo luogo, i robot hanno una serie di caratteristiche che li rendono particolarmente funzionali a sostenere l'acquisizione di conoscenze e abilità da parte degli alunni. Per esempio, la capacità di riprodurre ed eseguire compiti ripetitivi in modo preciso, la flessibilità, l'interattività, l'aspetto umanoide (compreso il movimento del corpo) sono tutti elementi che possono favorire l'efficacia dei processi di insegnamento-apprendimento. In secondo luogo, i robot possono facilitare l'apprendimento proponendo agli studenti attività ludiche ed esperienze pratiche attraverso le quali è possibile creare di un ambiente di apprendimento coinvolgente, attraente e interattivo. I robot, secondo le indagini riportate da Cheng et al. (2018), stanno diventando uno strumento efficace con cui migliorare la motivazione degli studenti e le prestazioni di apprendimento. In terzo luogo, i robot possono favorire lo sviluppo delle competenze di apprendimento del XXI secolo come quelle legate all'educazione alla scienza, alla tecnologia, all'ingegneria e alla matematica (STEM). La realizzazione di percorsi STEM consente infatti agli studenti di incrementare la loro motivazione, la partecipazione attiva e la capacità di risolvere problemi.

Secondo Alimisis e Kynigos (2009), le esperienze di robotica in campo educativo possono essere collocate all'interno di almeno due macro-categorie. La prima interpreta la robotica come *oggetto di apprendimento*. Si tratta di attività didattiche in cui la robotica rappresenta una materia di studio e dove le esperienze d'insegnamento-apprendimento che vengono proposte mirano a progettare un ambiente di apprendimento che coinvolga attivamente gli studenti nella soluzione di problemi autentici, concentrandosi su argomenti legati alla robotica, come la costruzione di robot, la programmazione di robot e l'intelligenza artificiale (IA). La seconda categoria interpreta la robotica come *strumento di apprendimento*. La robotica, in questo senso, viene proposta come uno strumento per sostenere processi d'insegnamento-apprendimento interdisciplinare solitamente basati su progetti che si fondano sull'intreccio tra STEM.

Le esperienze di robotica in campo scolastico, quindi, si sono particolarmente sviluppate all'interno di alcune discipline (le scienze *hard*), stanno impattando solo su determinate fasce d'età (e quindi su determinati livelli scolastici e tipologie di percorsi educativi), e si propongono di sviluppare quelle competenze del XXI secolo che sono considerate prioritarie e allineate con le attuali e future esigenze economiche e di mercato. Come sottolinea Fridin (2014), la tecnologia della robotica è diventata recentemente uno strumento di moda che si è diffuso soprattutto nelle scuole medie e superiori. L'autrice, riprendendo una sintesi della letteratura condotta da Benitti (2012), evidenzia che la

² Per *robot sociali* si intendono tutti quei dispositivi robotici autonomi o semi-autonomi, dotati quindi di un *corpo*, in grado di interagire fisicamente o verbalmente con esseri umani o con altri dispositivi robotici fisici autonomi. Tali interazioni si rifanno a norme e comportamenti sociali comunemente in uso e sono spesso legate al ruolo specifico che i robot ricoprono in quel momento.

maggior parte del lavoro in quest'area descrive l'uso dei robot come una piattaforma per l'insegnamento delle discipline che sono strettamente legate al campo della robotica, come la costruzione di dispositivi robotici (es. la meccatronica e l'elettronica) e la programmazione. Inoltre, riprendendo sempre Benitti (Fridin, 2014), la maggior parte delle sperimentazioni che coinvolgono attività di robotica non sono state integrate nelle attività di classe, ma si sono svolte come esperienze extracurricolari condotte fuori dall'orario scolastico. Inoltre, come riportano Liu e Tai (2016), le esperienze di robotica nel campo dell'educazione linguistica, dell'educazione di alunni con autismo, nell'arte o in altre discipline rappresentano una minoranza rispetto a quello che si sta facendo nell'ambito STEM.

2. Robotica, intelligenza artificiale e scuola dell'infanzia

La robotica può essere impiegata con successo – insieme all'IA – anche nell'educazione dei bambini in età prescolare. In questo livello scolastico i robot utilizzati per scopi educativi possono fungere da ausili didattici intelligenti, da insegnanti o da assistenti per svolgere attività didattiche (Jin, 2019). Tuttavia, l'introduzione dei robot potrebbe anche comportare dei rischi (Belpaeme, Kennedy, Ramachandra, Scassellati, & Tanaka, 2018). Fino a che punto vogliamo che l'educazione dei nostri figli sia delegata alle macchine, e in particolare ai robot sociali?

Per far fronte a (possibili) derive tecnocratiche per le quali il robot può (potenzialmente) sostituire il ruolo dell'insegnante, è importante riconoscere sia gli insegnanti sia i bambini come attori attivi nella costruzione e nella progettazione di un'esperienza d'insegnamento-apprendimento mediata anche dall'uso del robot. La direzione che in questa sede riteniamo come la più interessante da perseguire è quella indicata da Papert (1994), per cui il computer e le macchine rappresentano solo un mediatore didattico che può essere posto al servizio dello studente e dell'insegnante per costruire/progettare/realizzare una pluralità di attività. Riprendendo Bers, Ponte, Juelich, Viera, e Schenker (2002) l'educazione della prima infanzia ha da tempo riconosciuto e concordato i benefici dell'uso di metodologie costruttiviste per aiutare i bambini ad imparare facendo, manipolando materiali, o impegnandosi in attività di indagine condotte attraverso esperienze ludiche. In particolare, secondo questi autori, la progettazione di esperienze di robotica nella scuola dell'infanzia dovrebbe considerare i bambini e gli insegnanti come attori attivi di un processo di ideazione e di progettazione. Purtroppo, la maggior parte dei programmi di educazione iniziale rivolti ai professionisti che lavorano nella prima infanzia non preparano gli insegnanti nel campo della tecnologia, né offrono una visione in cui gli insegnanti si vedono come progettisti. Il rischio è quindi quello di interpretare il ruolo degli insegnanti (e dei bambini) come meri consumatori di un'esperienza didattica in cui il robot viene sperimentato in uno spazio scolastico senza nemmeno aver individuato preventivamente le finalità e gli obiettivi e i potenziali benefici di questo tipo di attività.

Liu e Kromer (2020) sottolineano inoltre che le nuove generazioni di studenti sono esposte fin dalla più tenera età all'IA e quindi diviene quindi prioritario introdurre nei curricula scolastici l'educazione all'IA. Essa può contribuire notevolmente allo sviluppo della creatività, della collaborazione, della comprensione e di altre capacità dei bambini (Liu & Kromer, 2020). Allo stesso tempo, come sottolineano altri autori, la percezione e la comprensione dell'IA, da parte dei bambini, è condizionata da una serie di variabili, tra cui: il background socio-culturale, le esperienze personali, il modo in cui i genitori parlano con i figli di tecnologia, etc. (Ali et al., 2019; Druga et al., 2017; 2018; Turkle 1984).

Ali et al. (2019) evidenziano, tra l'altro, che i bambini che crescono nell'era dell'IA avranno un rapporto fondamentalmente diverso con la tecnologia rispetto a quelli che li hanno preceduti. Secondo questi autori occorre porsi una domanda di fondo: come potremmo far crescere al meglio i nostri studenti nell'era dell'IA?

Per rispondere a questa domanda gli autori mettono in luce alcuni nodi problematici. Da un lato evidenziano come in commercio esistano diverse piattaforme (per esempio che dichiarano di promuovere il pensiero computazionale dei bambini) ma che, in realtà, non insegnano ai bambini le grandi idee dell'IA, tra cui: come i computer percepiscono il mondo? come rappresentano la conoscenza? come ragionano? come imparano a conoscere il mondo? Dall'altro rilevano come solo una minoranza di piattaforme si concentra sull'insegnamento dell'IA ai bambini delle scuole dell'infanzia e primaria. La maggior parte di queste piattaforme sono destinate a studenti delle scuole superiori e nessuna è pensata per bambini di età inferiore ai 7 anni (Ali et al., 2019). E Ancora “queste piattaforme sfruttano le tecnologie di IA esistenti per consentire ai bambini di fare progetti pratici. Tuttavia, nessuno insegna intenzionalmente l'etica o incoraggia una mentalità creativa” (ivi, 2.1, p. 21). Gli autori, quindi, sottolineano i limiti di una educazione all'IA esclusivamente orientata a formare gli studenti sugli aspetti tecnici; occorre urgentemente investire su programmi di formazione (a partire dalla prima infanzia) che prendano in considerazione anche sugli aspetti etici e sociali, in quanto i sistemi di IA non sono sistemi *né neutrali né oggettivi*.

3. Proposte di curricolo per l'educazione all'Intelligenza Artificiale

Il discorso sulla robotica e sull'educazione all'IA può essere a tutti gli effetti collocato all'interno di uno scenario più ampio che riguarda le modalità e i percorsi di alfabetizzazione alla robotica e all'IA. Kandlhofer, Steinbauer, Hirschmugl-Gaisch, e Huber (2016), a questo proposito, utilizzando un'analogia con lo sviluppo dell'alfabetizzazione classica (lettura/scrittura), hanno sviluppato una proposta di educazione all'IA rivolta a diverse fasce d'età e a diversi livelli di istruzione, con l'obiettivo di promuovere l'alfabetizzazione dell'IA. I temi portanti di questo percorso formativo – che attraversa tutti i livelli scolastici – sono rappresentati in Figura 1.

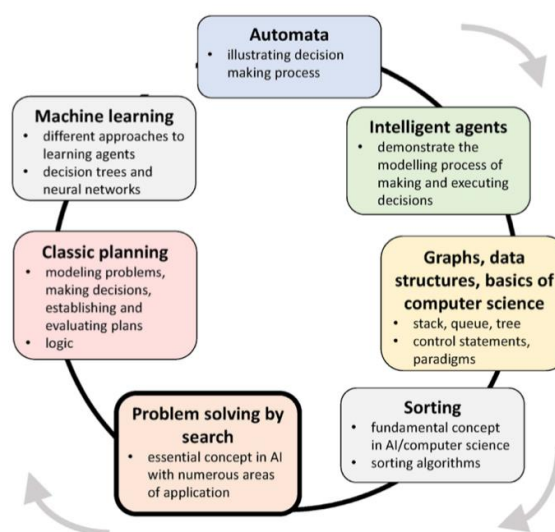


Figura 1. I temi portanti dell'alfabetizzazione all'IA. Da Kandlhofer et al., 2016, p. 3.

Facendo riferimento alle attività che possono essere promosse nella scuola dell'infanzia e nella primaria, gli autori sottolineano che l'idea alla base di questo modulo è quella di introdurre i bambini di età compresa tra i quattro e gli otto anni ai temi fondamentali dell'IA/computer science in modo ludico, scomponendo contenuti complessi in modo adeguato all'età. I temi che vengono trattati in questo percorso didattico riguardano i grafici e le strutture di dati (ad es. programmazione di un Bee-Bot per attraversare un grafico al fine di trovare una via d'uscita da un labirinto); gli algoritmi di ordinamento (ad es. ordinamento di mattoncini LEGO); la risoluzione dei problemi attraverso la ricerca (ad esempio, i bambini devono attraversare un grafico dove si trova una *scatola del tesoro*).

Altre proposte che lavorano in questa direzione di costruzione di curricula sul tema dell'alfabetizzazione all'IA, le possiamo trovare nella ricerca di Williams et al. (2019) all'interno della quale si presenta la sperimentazione didattica *PopBots*, ovvero, un kit di strumenti pratici e un curriculum progettato per sostenere i bambini a imparare l'IA costruendo, programmando, addestrando e interagendo con un robot sociale. La proposta si fonda su quattro principi chiave che vengono messi in pratica attraverso la proposta curricolare:

- “l'apprendimento manuale. Rendere interattivo il kit di strumenti e lasciare che i bambini si guidino da soli attraverso le attività;
- l'apprendimento end-to-end. Fare in modo che i bambini abbiano un ruolo in ogni fase dello sviluppo di un sistema completo, dall'addestramento all'operatività di un sistema completamente funzionale;
- la trasparenza e lavorabilità. Scegliere gli algoritmi e dare un feedback che esponga il maggior numero possibile di passaggi logici e di ragionamenti;
- l'esplorazione creativa. Incorporare l'algoritmo in attività divertenti e creative. Dare la possibilità ai bambini di dare un significato personale ad alcune cose” (ivi, pp. 9730-9731).

Il curriculum sulla IA si declina sui seguenti temi. Il primo riguarda i *sistemi basati sulla conoscenza* (o sistemi esperti). L'apprendimento dei sistemi basati sulla conoscenza permette ai bambini di vedere come i robot possono imparare qualcosa e poi usarla per prendere decisioni future. Il secondo *Il Machine Learning supervisionato* è una tecnica di IA comune per sistemi di raccomandazione personalizzati. Questo modulo permette ai bambini di comprendere come i robot possono imparare i modelli basati su un set di addestramento. Il terzo *Generative Music IA* si propone di mostrare ai bambini che i robot non sempre seguono le regole, ma possono anche essere creativi a modo loro (Williams et al., 2019).

Sulla base dei suddetti esempi possiamo affermare che l'educazione all'IA (intesa come literacy) dovrebbe rappresentare oggi una priorità di ogni sistema educativo. L'educazione alla IA mediata dalla costruzione di una proposta curricolare è un discorso che deve fare i conti, prima di tutto, con gli aspetti di natura etica e sociale. Tuttavia, come sottolinea Nan (2020) “a causa del periodo relativamente breve di nascita della tecnologia dell'intelligenza artificiale, molti insegnanti la considerano ancora una tecnologia di fascia alta e molto misteriosa [...]. L'essenza della vera educazione all'intelligenza artificiale non è diversa da quella che riguarda i multimedia e Internet” (p. 1). Inoltre, “gli stessi insegnanti della scuola dell'infanzia dovrebbero anche rafforzare l'apprendimento delle tecnologie informatiche e migliorare costantemente la loro qualità e l'insegnamento” (ivi, p. 4).

Indubbiamente, come abbiamo dimostrato nelle pagine precedenti, l'impiego di robot in campo educativo potrebbe rappresentare un interessante alleato per sviluppare sia

competenze cognitive, metacognitive e sociali, sia nuove forme di *literacy*. Se, da un lato, “l’alfabetizzazione all’IA e all’informatica diventerà importante quanto l’alfabetizzazione classica (lettura/scrittura)” (Kandlhofer et al., 2016, p. 2), dall’altro, approcci di apprendimento attivo all’uso del robot fungono da catalizzatori per la collaborazione tra pari, lo sviluppo socio-emotivo e la soluzione creativa dei problemi (Wang, Kimura, Takahashi, & Nakano 2000). La ricerca internazionale sottolinea che la prospettiva sopra delineata è ancora poco sviluppata. L’insegnamento di temi fondamentali dell’IA e dell’informatica a livello scolastico o prescolastico, al momento, non esiste o è al livello embrionale. Per le suddette ragioni è fondamentale preparare al meglio gli alunni ad affrontare le sfide dell’IA (Ali et al., 2019). In particolare, è necessario creare, condividere e diffondere, a partire dalla scuola dell’infanzia, un curriculum in grado di “emphasize constructionist learning, designing with ethics in mind, and developing a creative mindset” (ivi, p. 1).

Solo perseguendo quest’ultima direzione l’educazione all’IA può – a nostro avviso - diventare una traiettoria didattica percorribile, ma solo quando gli alunni esercitano un approccio costruzionista: “learned knowledge-based systems by teaching the robot the rules of rock, paper, scissors and then playing against it” (Ali et al., 2019, p. 2). Dunque, aldilà degli aspetti tecnici legati alla comprensione di come funzionano sistemi di IA e di come si può concepire e costruire un algoritmo, risulta prioritario che gli alunni siano introdotti ad un’educazione all’IA che includa un piano *attivo, riflessivo ed etico*: un’educazione che stimoli alla consapevolezza di essere cittadini digitali (Council of Europe, 2019).

Infine, siamo d’accordo con Alimisis e Kynigos (2009) quando affermano che il successo dell’introduzione di un’innovazione educativa in ambito scolastico non è solo una questione di accesso alle nuove tecnologie. Secondo questi autori “prima che insegnanti ed educatori a tutti i livelli si affrettino a sfruttare la robotica nell’istruzione, è necessario formulare e incorporare nei curricula scolastici metodi di insegnamento appropriati, dato che la maggior parte delle scuole e degli insegnanti non solo mancano di esperienza e di risorse, ma, nella maggior parte dei casi, devono anche operare sotto una direttiva scolastica che non favorisce l’innovazione educativa” (p. 1).

4. Esplorazione qualitativa su robotica e educazione all’intelligenza artificiale

Tenuto conto della letteratura scientifica di riferimento e di alcune significative sperimentazioni (Alimisis & Kynigos, 2009; Benitti, 2012; Cheng et al., 2018; Kandlhofer et al., 2016; Liu & Kromer, 2020; Williams et al., 2019), è stata compiuta un’indagine esplorativa su un campione ristretto di testimoni privilegiati appartenenti all’ambito della scuola, finalizzata ad acquisire specifiche informazioni sull’utilizzo dei robot in relazione all’educazione all’IA.

Nello specifico, è stata predisposta un’intervista semi-strutturata rivolta a testimoni privilegiati che, per il ruolo ricoperto e l’esperienza pluriennale sul campo, hanno fornito informazioni utili all’indagine (Corbetta, 2015). Si tratta infatti di insegnanti della scuola dell’infanzia e del primo ciclo di istruzione, conoscitori ed esperti di robotica educativa, alcuni dei quali formatori anche a livello nazionale: una insegnante della scuola

dell'infanzia³; quattro insegnanti della scuola primaria⁴; un insegnante della scuola secondaria di I grado⁵. La scelta è stata l'esito di contatti intercorsi tra il team di ricerca e gli insegnanti-testimoni che avevano avviato esperienze sull'oggetto dell'indagine proposta nell'ambito della propria progettazione didattica; contatti che sono scaturiti dalle riflessioni e dal dibattito sviluppatosi in occasione dell'International Summer School 2019 – Robotics research⁶.

La costruzione della griglia dell'intervista ha previsto l'individuazione di alcuni specifici nuclei tematici (Figura 2), definiti a partire dagli studi di settore e da ricerche empiriche (Cortiana & Rigotto, 2019; Datteri, Zecca, Laudisa, & Castiglioni, 2012; Di Lieto et al., 2017; Frison, 2019; González & Muñoz-Repiso, 2017). Le interviste a due (intervistatore e intervistato), della durata di 30/45 minuti ciascuna, sono state condotte telefonicamente nei primi mesi dell'anno scolastico 2020-2021.

Nuclei tematici	Specifici obiettivi d'indagine
Robotica educativa e strategie didattiche	Indagare l'impatto della robotica educativa sulle strategie di insegnamento adottate in classe
Robotica educativa e apprendimento	Indagare le dimensioni dell'apprendimento in riferimento alla robotica educativa
Robotica educativa e competenze trasversali	Indagare la robotica educativa rispetto all'acquisizione di competenze trasversali
Robotica educativa e educazione all'intelligenza artificiale	Indagare la relazione tra alfabetizzazione alla robotica e alfabetizzazione all'intelligenza artificiale

Figura 2. Griglia dell'intervista.

4.1. Analisi delle interviste

Per effettuare un'analisi di tipo qualitativo, le interviste sono state registrate e trascritte integralmente in formato digitale. Il metodo di analisi adottato si basa sulla "struttura del contenuto, sul modo in cui le idee sono articolate o le argomentazioni sono condotte e sui modelli logici sottesi al testo" (Viganò 2002, p. 240). Sono state individuate all'interno di ciascuna intervista le parole chiave e le idee che richiamano i nuclei tematici di riferimento, rilevandone attraverso un'analisi trasversale i possibili collegamenti e le ricorrenze

³ Idelma Pirolo, insegnante della scuola dell'infanzia, in servizio presso il 14° Circolo Didattico "Re David" di Bari, formatrice nazionale di docenti di ogni ordine e grado di scuola nell'ambito della rete nazionale RoboCupJunior.

⁴ Mariella Deleonardis, insegnante della scuola primaria in servizio presso il 2° Circolo Didattico "Via Firenze" di Conversano; Daniela Troia, insegnante della scuola primaria in servizio presso il 1° Circolo Didattico "Guglielmo Marconi" di Casamassima; Alfonsina Cinzia Troisi, insegnante della scuola primaria in servizio presso l'Istituto Comprensivo "Edoardo De Filippo" di Sant'Egidio del Monte Albino; Patrizio Vignola ex insegnante presso la scuola primaria 2.0 "Raffaello Sanzio" dell'Istituto Comprensivo 9 di Bologna ed ex docente a contratto presso l'Università di Bologna.

⁵ Gianfranco De Giglio, insegnante in servizio presso la scuola secondaria di I grado "Michelangelo" di Bari e autore del testo "Dal pensiero computazionale alla robotica educativa: ...a scuola con i "piccolini" (2020).

⁶ L'International Summer School 2019 – Robotics research tenutasi a Otranto il 6-8 settembre 2019, è stata organizzata dalla SIREM-Società Italiana di Ricerca sull'Educazione Mediale in collaborazione con l'Università degli Studi di Foggia.

(Hennink, Hutter, & Bailey, 2020). Sono di seguito riportate le principali evidenze emerse in relazione ai nuclei tematici indagati.

- Robotica educativa e strategie didattiche

Nell'ambito della distinzione tra una strategia didattica trasmissiva e una costruttivista, si possono individuare due principali applicazioni della robotica: nel primo caso, una di tipo *esecutivo*; nel secondo, una di tipo *laboratoriale*. “Il senso sta nel conoscere quali sono gli elementi che entrano in relazione tra didattica e robotica per cercare di immaginare o descrivere, a cose avvenute, qual è il risultato della loro relazione” (Vignola). Rispetto a un approccio costruttivista/laboratoriale, l'applicazione della robotica nei contesti scolastici viene principalmente riferita a tre strategie di insegnamento-apprendimento tra loro integrabili:

- *a scoperta guidata* in cui i robot sono riconosciuti come “facilitatori dell'apprendimento in forma ludica” (Deleonardis) e “vengono mostrati ai bambini che per prova ed errore, cercano di capire come farli funzionare” (De Giglio). Gli studenti, infatti, non ricevono le istruzioni necessarie per programmare i robot ma “le scoprono progressivamente” (Pirolo);
- *esplorativa* in cui l'apprendimento nasce dall'interazione del robot con l'ambiente circostante e il contesto classe; “l'attività non è finalizzata a ottenere l'unico risultato ipotizzato ma offre la possibilità di cambiare strada lungo il percorso” (Vignola);
- *collaborativa* in cui le soluzioni ai problemi posti dalla robotica derivano dall'interazione tra gli studenti che lavorano a piccoli gruppi che, “staccandosi dalla guida dell'insegnante, navigano attraverso una serie di esperienze proprie realizzate in modalità di peer education” (Vignola), con particolare riferimento alla dimensione inclusiva, a sostegno degli studenti più fragili (Troia).

In questo senso, i testimoni privilegiati sottolineano anche come nell'applicazione della robotica sia prioritaria la dimensione *interdisciplinare*. Pertanto, non c'è una sola disciplina di riferimento, ad esempio quella tecnologica, ma al contrario più discipline si contaminano tra loro (storia, matematica, scienze, italiano, geografia, etc.).

- Robotica educativa e dimensioni dell'apprendimento

L'attenzione degli intervistati viene posta dall'intervistatore su alcune dimensioni fondamentali dell'apprendimento: cognitiva, emotivo-motivazionale, socio-relazionale.

Dal punto di vista cognitivo i robot come “mediatori culturali” (Deleonardis) favoriscano non solo l'acquisizione di conoscenze di base ma si pongono anche come opportunità di approfondimento dei temi trattati attraverso l'analisi del contesto, la connessione logica dei saperi, l'esercitazione/esplorazione: “stimolati a trovare soluzioni ai problemi proposti”, gli studenti “superano la paura di sbagliare attraverso attività di debug” (Deleonardis) che a loro volta permettono processi di “autovalutazione” (Pirolo). L'utilizzo del robot in aula “favorisce un apprendimento costruttivo che diventa particolarmente significativo, perché colloca lo studente al centro del suo stesso processo di apprendimento” (Troisi), a partire da un fare problematizzante (Troia).

In questo senso, per gli insegnanti intervistati, diventano particolarmente rilevanti le dimensioni motivazionale ed emotiva, perché l'elevato grado di attrattività del robot “riesce ad aumentare i livelli di attenzione e concentrazione” (Troisi), favorendo la “partecipazione attiva e il coinvolgimento di tutti i bambini” (Pirolo). Gli studenti sono “incuriositi e stimolati ad apprendere qualsiasi disciplina”. Inoltre, “il coinvolgimento è elevatissimo

perché il robot educativo smette di esser visto come una semplice ‘macchina’, ma diventa ‘uno di loro’” (De Giglio). Infatti, “rispetto al coding, la robotica educativa ha l’elemento fisico che fa da mediatore; ciò comporta l’identificazione del bambino con il robot che sta programmando che, da un lato produce una spinta emotivo-motivazionale (‘aiuto il robot in difficoltà’), dall’altro interviene sulla dimensione dell’errore (‘se sbaglio, non sono solo io a sbagliare, ma sbaglia anche il robot’)” (Troia). Dal punto di vista più specificatamente emotivo, “ad esempio *mtiny* emette dei suoni e cambia espressione degli occhi a seconda dell’emozione che il bambino fa provare al robot, attraverso una programmazione che si realizza tramite l’inserimento di tesserine. In questo caso la programmazione è funzionale al riconoscimento iconico delle emozioni. In una seconda fase, la programmazione di *mtiny* permette di associare i colori alle emozioni” (Pirolo).

La terza dimensione su cui i testimoni privilegiati focalizzano l’attenzione è quella socio-relazionale, attraverso la promozione di attività di condivisione e collaborazione tra gli alunni, nonché di cooperazione. Come sottolinea Pirolo, “ogni attività svolta con il robot implica un gruppo di bambini che lavora e si confronta”. Infatti, gli studenti “nel programmare il robot” si consultano e si scambiano idee” (Troisi) in un contesto che promuove costantemente l’integrazione e l’inclusione.

Riprendendo infine Mitchel Resnick (2017), secondo cui le attività di esplorazione sono basate sulle quattro P (Projects, Peers, Passion, Play), Vignola aggiunge altri due elementi: il divertimento e l’etica. “Le dimensioni cognitiva, emotivo-motivazionale, socio-relazionale sono comprese all’interno delle quattro P di Resnick: la dimensione emotivo-motivazionale è la *passion*; la cognitiva è il *project*; la socio-relazionale è il *peers*. Queste dimensioni sono integrate dall’approccio ludico (*learning by playing*) a cui si può aggiungere da un lato il *divertimento* attraverso la proposta non solo di un gioco serio e impegnato, ma anche di un gioco che dia piacere, dall’altro la dimensione *etica* [...]. Così come l’insegnamento è eticamente orientato, anche la robotica deve essere controllata da principi etici” (Vignola).

- Robotica educativa e competenze trasversali

In riferimento alla Raccomandazione del Consiglio Europeo (2018) e agli studi su IA literacy (Heck, Weisel, & Kullmann, 2019; Long & Magerko, 2020), gli intervistati evidenziano come le esperienze di robotica educativa sviluppino una pluralità di competenze, in particolare competenze in scienze, tecnologie e ingegneria: “il bambino deve programmare il robot affinché esso interagisca con lui e pertanto sviluppa anche competenze matematiche. Ad esempio, quando si utilizza Bee Bot, per raggiungere l’obiettivo, occorre che il bambino sappia quante volte va premuto il tasto ‘Vai Avanti’” (Deleonardis). In questo senso la robotica impatta anche sullo sviluppo del pensiero logico e computazionale, sullo “spirito di imprenditorialità” (De Giglio), nonché sullo sviluppo della “creatività” (Pirolo).

De Giglio, in particolare precisa come “in un progetto di robotica educativa, il momento più importante sia quello finale, della metacognizione. Lo studente deve raccontare ciò che ha fatto, esplicitare punti di forza e di debolezza e per fare ciò deve saper esporre, attivando specifiche competenze: competenze nella lingua madre attraverso l’acquisizione della terminologia corretta; come competenze nella lingua straniera perché la maggior parte dei robot si programma in inglese; competenze di cittadinanza che si esplicitano nel lavoro in gruppo, nel rispetto dell’altro e dei pari”. Le attività sviluppate nell’ambito della robotica richiedono infatti una particolare competenza “sul versante linguistico. Dopo aver problematizzato, scomposto il problema, trovata/e la/le soluzione/i, una fase importantissima consiste nel sapere ricostruire e raccontare il percorso realizzato, nel

saperlo spiegare, ma anche personalizzare e rielaborare. Un'attività che implica da parte dello studente una capacità di riflessione sull'esperienza appena fatta" (Troia).

In linea generale, "l'espressione di competenze attraverso la robotica può essere resa possibile sia da un approccio di tipo trasmissivo (si studia un libro, si eseguono gli esercizi rispetto a ciò che si è studiato, si progetta e si realizza l'attività), sia da un approccio di tipo costruttivista (si parte da un'idea che necessita l'acquisizione di conoscenze, segue lo studio condotto in autonomia o in gruppo o supportato da un tutor e la messa in pratica per prova ed errore di quanto studiato sino al raggiungimento dell'obiettivo). Si tratta quindi di un approccio alla robotica che consente di esprimere le competenze, ma che richiede anche una riflessione preliminare su come didatticamente si possa procedere" (Vignola).

- Robotica educativa e alfabetizzazione all'intelligenza artificiale

Sul tema specifico dell'educazione all'IA attraverso la robotica, gli intervistati concordano nel ritenere che occorre una formazione adeguata nei contesti scolastici e rilevano due principali orientamenti: l'educazione all'IA attraverso l'esperienza e l'interazione con robot che apprendono dall'ambiente per pratiche esperienziali; l'educazione all'IA attraverso robot che eseguono le azioni per le quali sono programmati e la cui programmazione consente di acquisire elementi base e competenze funzionali all'apprendimento dell'IA.

Rispetto al primo orientamento, De Giglio evidenzia che, se i bambini sin da piccoli iniziano a rapportarsi con dispositivi di IA, come chatbot e assistenti virtuali (Cortana, Alexa e Siri, etc.), sono ancora pochi e in fase di sperimentazione i robot intelligenti destinati a studenti della scuola dell'infanzia e primaria. Si colloca in questo ambito, Cozmo, un robot capace di interagire e imparare dall'ambiente, dotato di riconoscimento facciale (ti guarda, pronuncia il tuo nome, ti riconosce, ti sorride, etc.) che autoapprende progressivamente. Viceversa, "l'educazione all'intelligenza artificiale introdotta nelle scuole superiori può essere sostenuta attraverso la programmazione da parte dei ragazzi di robot umanoidi intelligenti" (Deleonardis).

Rispetto al secondo orientamento, "i robot senza un controllo informatico, senza istruzioni, senza una programmazione sono dei pezzi di materia e in quanto tali non funzionano, sono fermi. Ciò che rende funzionanti i robot è l'intelligenza artificiale. Non è tanto l'alfabetizzazione robotica che incide sull'IA quanto l'insieme di contenuti, di istruzioni, di saperi trasferiti all'interno dei robot e che consente loro di funzionare" (Vignola). "Il concetto base che sottende l'educazione all'intelligenza artificiale e l'educazione alla robotica è quello di algoritmo. Anche un robot semplice come Bee Bot permette al bambino di capire come funziona l'algoritmo e di programmare un percorso [...]. La programmazione avviene per prova ed errore sino a quando i bambini non comprendono autonomamente qual è il modo più giusto per programmare il robot. In questa fase i bambini mettono a punto una serie di algoritmi per far sì che il robot compia un certo percorso, si muova o si sposti in un certo modo" (Pirolo). Ciò che i bambini apprendono sono processi cognitivi e "questo tipo di apprendimento avviene sul campo, configurandosi come apprendimento reale e costruttivo" (Pirolo).

A livello metacognitivo, pertanto, "l'alfabetizzazione robotica consente alle classi di riflettere sull'IA perché se è vero che i robot senza IA non funzionano, è altrettanto vero che per costruire un robot funzionante, occorre utilizzare quelle parti di intelligenza artificiale che consentano loro di muoversi. [È in questa precisa fase] che gli studenti hanno l'occasione di riflettere sulle qualità materiali, funzionali ed etiche che sono contenute nelle istruzioni per far muovere il robot. [In altri termini] la costruzione del robot fa utilizzare

una serie di istruzioni che, durante e al termine del processo, consentono di riflettere su cosa sia l'intelligenza artificiale, su quale sia la direzione nella quale si muove, su quali siano gli obiettivi per cui si utilizza l'IA, su quali siano gli scopi e i risultati [...]. In breve, la robotica comporta una riflessione sull'intelligenza artificiale" (Vignola).

Una riflessione che, secondo De Giglio, si accompagna a due avvertenze: la prima riguardante l'educazione a un comportamento responsabile e "all'uso consapevole di questi mezzi"; la seconda relativa alla sensibilizzazione rispetto ad alcuni rischi, tra cui "l'assuefazione del nostro cervello di fronte a dispositivi che fanno tutto per noi".

A questa prima esplorazione qualitativa su un campione ristretto di testimoni privilegiati, farà seguito un'esplorazione quantitativa tramite inchiesta su un campione più ampio a livello nazionale, mediante questionari semi-strutturati somministrati online in forma anonimizzata a insegnanti della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione. Le interviste hanno infatti permesso di individuare ambiti di analisi inizialmente non considerati, come quello etico, nonché specifiche esigenze formative sulle relazioni tra robotica e educazione all'IA, cui fare riferimento per impostare il questionario.

5. Cosa significa educare all'intelligenza artificiale?

Il termine *intelligenza artificiale*, pur riferendosi ad un campo di studi relativamente giovane (circa una sessantina d'anni), è entrato prepotentemente in molti aspetti della società di oggi creando non poca confusione soprattutto negli ambiti più lontani alle cosiddette "scienze dure".

Questa confusione è riscontrabile innanzi tutto nelle interpretazioni, spesso superficiali o coperte da un velo di stupore e dogmatismo, che si fanno del termine IA. Intelligenza IA è infatti una denominazione spesso usata dai più per riferirsi indistintamente ora ad un traduttore linguistico o ad un sistema di riconoscimento facciale o vocale, ora ad un sistema di guida automatica per veicoli, ora ancora, ad androidi o assistenti vocali che imitano perfettamente comportamenti umani o che imparano nuove funzionalità "da soli". Molto spesso sono gli stessi esperti ad essere riluttanti nell'utilizzare il termine "intelligenza" e a preferire termini specifici (come machine learning, deep learning o big data), per funzionalità specifiche e contesti d'utilizzo differenti di algoritmi o programmi (<https://www.coe.int/en/web/artificial-intelligence/what-is-ai>): una riflessione è pertanto doverosa, specialmente in ambito pedagogico dove si profilano nuovi bisogni educativi, soprattutto nella fascia d'età 0-6.

L'urgenza educativa è particolarmente rilevante specie se si considera quanto sistemi che fanno uso di processi algoritmici, di big data, di machine learning, o semplicemente di una connessione al WWW, siano integrati nelle nostre vite. Viviamo in una società in cui il concetto di infosfera è centrale (Floridi, 2017); una società in cui il numero di dati prodotti ogni giorno dall'uomo ha raggiunto quantità spropositate. Secondo uno studio di alcuni ricercatori della School of Information di Berkeley (Lyman & Varian, 2003), l'umanità intera, dal suo sviluppo fino all'invenzione dei computer, ha prodotto ed accumulato circa 12 exabytes⁷. Dall'invenzione dei computer sino al 2015 la quantità di dati ammonta a più di 8 zettabytes⁸ ed oggi si aggira intorno ai 44 zettabytes

⁷ Un exabyte corrisponde a 1 elevato alla +18 bit.

⁸ Uno zettabyte corrisponde a 1 elevato alla +21 bit

(https://www.infodata.ilsole24ore.com/2019/05/14/quantidi-dati-sono-generati-in-un-giorno/?refresh_ce=1): una mole di dati enorme, destinata a crescere negli anni a venire.

Si faccia però attenzione: le parole dati ed informazione non sono affatto sinonimi. Al contrario, più dati ci sono, più diventa difficile navigare questi dati e ricavare le informazioni che si desidera o di cui si necessita. Per Floridi, infatti, lo spazio informativo e quello che si riesce ad ottenere da queste informazioni giocano (e giocheranno sempre di più in futuro) un ruolo chiave, tanto da porre l'umanità di fronte ad una vera e propria rivoluzione culturale: una *quarta rivoluzione* pari, in portata, solo a quelle operate da Copernico (che ha rimosso l'uomo dal centro dell'universo), da Darwin (che ha rimosso l'uomo dal centro della natura) e da Freud (che ha rimosso l'uomo dal centro di sé stesso, gettando luce sul proprio inconscio).

Con l'avvento di Internet e di tutti i dispositivi che quotidianamente utilizziamo ad esso connessi, ogni azione che viene compiuta online, viene registrata ed archiviata in grosse banche dati ospitate dai provider dei servizi che vengono utilizzati. Tutte queste piccole azioni contribuiscono a rendere l'infosfera uno *spazio* dai confini sempre più larghi e sempre meno visibili.

Utilizzare uno strumento digitale come un assistente vocale domestico, una console da gioco o un giocattolo *smart*, o fruire di un servizio online come ad esempio una radio Web, o una piattaforma online di video on demand, non significa semplicemente *beneficiare* di quei servizi. Tutte queste azioni comportano anche lasciare, inevitabilmente, tante piccole informazioni relative al tipo di utente che siamo (età, interessi), da dove proveniamo o, ancora, quali sono i nostri contatti più prossimi. Tanti frammenti di informazioni che poi vengono raccolti in enormi banche dati (le così dette big-data) e processati da algoritmi i quali sono in grado di compiere diverse operazioni, come ad esempio dirci quali articoli potrebbero interessarci come potenziale acquisto, suggerirci quali film guardare o, ancora, offrendo proiezioni realistiche delle preferenze degli elettori in campagna elettorale.

Non sarebbe possibile parlare di IA senza contemplare il concetto di big-data. Di conseguenza, parlare di IA significa riferirsi ad un sistema molto complesso di cui le macchine sono solo un elemento: senza l'azione umana che fornisce informazioni alle banche dati, senza un pensiero che venga articolato in un algoritmo che processi tali informazioni e, soprattutto, senza un'interpretazione dei risultati di tali algoritmi, il discorso sarebbe solo parziale. È molto importante essere consapevoli di questi meccanismi per rendersi conto di quanto complesso ed integrato con la nostra società sia il mondo dell'IA.

Attraverso la diffusione di giocattoli connessi, assistenti vocali domestici, smartphone ed altri dispositivi, i bambini, fin dai primi anni di vita, hanno già esperienze di contatto con queste tecnologie che li porta a concepire questi dispositivi come entità con le quali interagire in prima persona, anche emotivamente (Druga et al., 2018; McReynolds, Hubbard, Lau, Saraf, Cakmak, & Roesner, 2017; Turkle, 1984). Ed anche se permane una certa confusione su come tali dispositivi possano realmente funzionare, la ricerca (Druga et al., 2018; Severson & Carlson, 2010) ha mostrato come i bambini riescano ad avere un'idea sempre più raffinata di cosa sia l'IA grazie a tre principali fattori:

- la loro età;
- il tempo di esposizione all'utilizzo di dispositivi IA-enriched;
- il tipo di mediazione parentale o educativa che viene costruita intorno a loro.

Diventa, di conseguenza, importante chiedersi in che misura sia possibile parlare di educazione all'IA nella fascia 0-6 e quali sono gli elementi che devono essere considerati quando si progettano percorsi educativi in tal senso. Certamente, nella fascia pre-k e kindergarden, sono moltissime le esperienze che riguardano social-robot per l'introduzione al pensiero computazionale e al coding (...), ma Williams et al. ci ricordano che "IA goes beyond computational thinking, [and] it explores how computers sense, think, act, learn, make decisions, create, perceive and make sense of things" (Williams, Park, Oh, & Breazeal, 2019, p. 9730). Oltre agli aspetti tecnici legati alla comprensione di come funzionano sistemi di IA e di come si può concepire e costruire un algoritmo, è necessario che i nostri bambini siano introdotti ad un'educazione all'IA che includa un piano più riflessivo ed etico: un'educazione che stimoli alla consapevolezza di essere cittadini digitali (Frau-Meigs, O'Neill, Soriani, & Tomé, 2017).

6. Conclusioni: educare all'IA e alla Cittadinanza Digitale

In data 26/11/2019, il Comitato dei Ministri dell'Educazione degli Stati membri del Consiglio d'Europa ha approvato una dichiarazione dal titolo *Citizenship Education in the digital era* (Council of Europe, 2019) in cui viene sottolineato come internet e le tecnologie digitali (particolare attenzione è dedicata al tema dell'IA) abbiano avuto un "profondo impatto sulle nostre vite, la nostra società, la nostra economia, i nostri sistemi educativi e, parimenti, sulla nostra libertà di espressione e la nostra possibilità di partecipazione come cittadini" (ivi, nostra traduzione).

Nella dichiarazione, si ribadisce l'importanza di fornire direzioni di governance di processi riguardanti l'IA che si basino sui "principi dei valori fondamentali dell'uomo, di equità e che stabiliscano che gli attori dell'intelligenza artificiale debbano rispettare lo stato di diritto, i diritti umani e i valori democratici durante tutto il ciclo di vita del sistema di intelligenza artificiale" (Council of Europe, 2019, ivi, nostra traduzione).

La risposta principale proposta dal Consiglio d'Europa è quella dell'educazione: concepita una necessità, un bisogno e un diritto fondamentale per poter partecipare appieno, come cittadini, alla società, abbracciandone i cambiamenti, i rischi e le possibilità che le tecnologie hanno introdotto. È proprio per questo motivo che il tema dell'educazione alla cittadinanza digitale diventa così importante: l'intento del Consiglio d'Europa è quello di promuovere un modello di Educazione alla Cittadinanza Digitale basato su dieci domini di competenza che ogni persona, in quanto parte di una società fortemente connotata da ambienti tecnologicamente mediati e arricchiti, dovrebbe possedere e sviluppare al fine di poter partecipare pienamente ed attivamente all'interno delle proprie comunità di appartenenza (locali o globali che siano) ed essere così un vero *cittadino digitale*.

È interessante notare come, specialmente in questa visione offerta dal Council of Europe (Figura 3), si ponga in maniera molto evidente l'accento sulla convergenza fra cittadinanza digitale e non digitale: la società si sta muovendo verso un mondo in cui ha sempre meno senso parlare di online e offline in quanto si tratta di due facce della stessa medaglia: due facce che è sempre più difficile distinguere e separare.

La prima area di domini, *essere online*, raggruppa quelle competenze che fungono da prerequisiti per poter esercitare la propria cittadinanza come, ad esempio, il poter accedere al mondo digitale, il poter esprimersi liberamente e creativamente e, infine, il saper fruire criticamente e produttivamente dei media per informarsi adeguatamente.

Benessere online è la denominazione della seconda area di domini. Il concetto di benessere, qui posto in stretta correlazione con quello di cittadinanza, fa riferimento alla capacità dei cittadini di realizzare il loro pieno potenziale, di affrontare situazioni di stress, di lavorare e comunicare efficacemente e, infine, di contribuire in maniera significativa alla propria comunità. In particolare, quest'area raggruppa domini di competenza che riguardano la costruzione e la fruizione sana, equilibrata e rispettosa di ambienti digitali, unita ad un'attenzione e ad una cura rivolta anche alle persone con cui si interagisce in tali ambienti.

La terza ed ultima area di domini, denominata *diritti online*, è quella concettualmente più vicina al tema della cittadinanza attiva, democratica, consapevole e responsabile. È necessario che i discenti siano educati ad utilizzare tutte le opportunità offerte dalle tecnologie per partecipare attivamente e in maniera sicura alle loro comunità e che comprendano tutte le implicazioni dell'essere utenti/consumatori di servizi online. Per fare questo è più che mai fondamentale essere consapevoli dei propri diritti e dei propri doveri da cittadino. È altrettanto importante raggiungere una comprensione adeguata di come l'infrastruttura del Web si intersechi in questo complesso sistema di leggi e principi nato per garantire a tutti accesso, inclusione, pari opportunità e occasioni di partecipazione democratica.

Area 1 - Essere online	Area 2 - Benessere online	Area 3 - Diritti online
Accesso e inclusione	Etica e empatia	Partecipazione attiva
Apprendimento e creatività	Salute e benessere	Diritti e responsabilità
Alfabetizzazione ai media e all'informazione	Presenza digitale e comunicazione	Sicurezza e privacy
		Consapevolezza dei modelli economici e di consumo

Figura 3. I dieci domini del framework "Digital Citizenship Education".

Osservando da vicino il framework⁹, si comprende quanto ognuno dei domini sia importante per raggiungere una consapevolezza delle tecnologie che non si limiti alla competenza tecnica ma che, necessariamente, debba estendersi arrivando a contemplare la direzione di senso e di significato che esse ricoprono all'interno delle nostre vite.

Parlare di educazione all'IA significa educare a:

- come accedere a tali sistemi in maniera corretta ed interrogarsi criticamente sul ruolo e sul senso delle azioni di questi dispositivi nelle nostre vite;
- compiere una riflessione su quanto tali sistemi siano progettati ed utilizzati in maniera inclusiva;
- proiettare concretamente l'uso di sistemi e device IA-enriched in percorsi scolastici ed educativi che stimolino la creatività degli utenti;
- applicare forme di pensiero critico e anti-dogmatico riguardante tutto ciò che riguarda l'IA, stimolando gli studenti a non accontentarsi di spiegazioni semplificate o superficiali e spingerli a indagare e a compiere scelte più consapevoli;
- progettare, utilizzare, leggere ed interpretare i risultati di sistemi IA in maniera etica ed attenta alla dimensione umana della relazione con l'altro: chiedersi cosa

⁹ Il modello è stato costruito ponendo a confronto ed integrando diversi altri modelli presenti a livello internazionale. Per maggiori informazioni consultare (Frau-Meigs, 2017). Per consultare invece il modello di framework, completo di esempi e spunti per insegnanti consultare (Richardson & Milovidov, 2019).

facciamo con le informazioni che i dispositivi ci danno, perché li usiamo, perché alcuni compiti li lasciamo alle macchine e perché altri è meglio non lasciarli ad esse diventano interrogativi fondamentali;

- demistificare le macchine: come ha suggerito, appunto, Mark Stehlik durante l'apertura della conferenza SXSWedu (<https://www.edsurge.com/news/2017-03-16-what-does-it-mean-to-prepare-students-for-a-future-with-artificial-intelligence>) mostrare cosa c'è dentro, togliere l'elemento dogmatico e di infallibilità assoluta che spesso aleggia intorno ai dispositivi;
- utilizzare sistemi di IA in maniera rispettosa per la propria persona (da un punto di vista di benessere e salute, ma anche di rispetto verso la propria privacy e sicurezza online) e per gli altri (nella relazione mediata da tecnologie e nelle relazioni dal vivo che comunque sono perturbate dalla mediazione costante delle tecnologie);
- compiere scelte commerciali e *da consumatore* che siano più coscienti, più informate e più consapevoli dei modelli economici che muovono la maggior parte, se non la totalità, degli ambienti digitali;
- spingere gli utenti, fin da bambini a chiedersi da dove vengono questi dispositivi, chi li produce, perché, se ci sono altri modi per usarli o se è possibile fare le stesse operazioni senza utilizzarli.

Tutto questo è molto utile per capire quanto, educare alle tecnologie, in generale, e all'IA, nello specifico, sia un processo complesso e articolato che, proprio come l'educazione alla cittadinanza digitale, deve accompagnare la persona lungo tutto l'arco della sua esistenza. Un processo complesso, lungo che deve essere intrecciato con ognuno dei domini di competenza.

Riferimenti bibliografici

- Ali, S., Payne, B. H., Williams, R., Park, H. W., & Breazeal, C., (2019). Constructionism, ethics, and creativity: Developing primary and middle school artificial intelligence education. http://robotic.media.mit.edu/wp-content/uploads/sites/7/2019/08/Constructionism_Ethics_and_Creativity.pdf (ver. 15.12.2020).
- Alimisis, D., & Kynigos C., (2009). Constructionism and robotics in education. In D. Alimisis (Eds.), *Teacher education on robotics-enhanced constructivist pedagogical methods*. School of Pedagogical and Technological Education (ASPETE). http://roboesl.eu/wp-content/uploads/2017/08/chapter_1.pdf (ver. 15.12.2020).
- Belpaeme, T., Kennedy, J., Ramachandra, A., Scassellati, B., & Tanaka, F. (2018) Social robots for education: A review. *Science Robotics*, 3(21), 1–9.
- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978–988. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.006>.
- Bers, M. U., Ponte, I., Juelich, C., Viera, A., & Schenker, J. (2002). Teachers as designers: Integrating robotics in early childhood education. In *Information technology in childhood education annual* (pp. 123-145). Association for the Advancement of Computing in Education. <https://www.learntechlib.org/primary/p/8850/> (ver. 15.12.2020).

- Cheng, A. W., Sun, P-C., & Chen, N-S. (2018). The essential applications of educational robot: Requirement analysis from the perspectives of experts, researchers and instructors. *Computers & Education*, 126, 399–416, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.020> (ver. 15.12.2020).
- Council of Europe. Artificial intelligence. <https://www.coe.int/en/web/artificial-intelligence/what-is-ai> (ver. 15.12.2020).
- Council of Europe. (2019). Recommendation CM/Rec(2019)10 of the Committee of Ministers to member States on developing and promoting digital citizenship education. Strasburg: Council of Europe Committee of Ministers. https://search.coe.int/cm/Pages/result_details.aspx?ObjectID=090000168098de08 (ver. 15.12.2020).
- Corbetta, P. (2015). *La ricerca sociale: metodologia e tecniche*. Bologna: Il Mulino.
- Cortiana, P., & Rigotto, C. (2019). Insegnare la letteratura attraverso la robotica educativa: un'esperienza nella scuola primaria. *Form@re - Open Journal per la formazione in rete*, 19(1), 91–105.
- Datteri, E., Zecca, L., Laudisa, F., & Castiglioni, M. (2012). Educational robotics and science education in primary schools. *Metacognition Proceedings of the 5th Biennial Meeting of the EARLI Special Interest Group 16 Metacognition*, 185–186.
- Di Lieto, M. C., Inguaggiato, E., Castro, E., Cecchi, F., Cioni, G., Dell'Omo, M., ...Dario, P. (2017). Educational robotics intervention on executive functions in preschool children: A pilot study. *Computers in human behavior*, 71, 16–23.
- Druga, S., Williams, R., Park, H. W., & Breazeal, C. (2018). How smart are the smart toys? Children and parents' agent interaction and intelligence attribution. In *Child-Robot Interaction*. IDC 2018. Trondheim, Norway.
- EdSurge. What Does It Mean to Prepare Students for a Future With Artificial Intelligence? <https://www.edsurge.com/news/2017-03-16-what-does-it-mean-to-prepare-students-for-a-future-with-artificial-intelligence> (ver. 15.12.2020).
- Floridi, L. (2017). *La quarta rivoluzione. Come l'infosfera sta trasformando il mondo*. Milano: Raffaello Cortina.
- Frau-Meigs, D., O'Neill, B., Soriani, A., & Tomé, V. (2017). *Digital Citizenship Education. Vol. 1: Overview and new perspective*. Strasburgo: Council of Europe Publishing.
- Fridin, M. (2014). Storytelling by a kindergarten social assistive robot: A tool for constructive learning in preschool education. *Computers & Education*, 70, 53–64. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.043> (ver. 15.12.2020).
- Frison, D. (2019). La robotica educativa nei servizi educativi 0-6: un'analisi sistematica della letteratura. *Form@re - Open Journal per la formazione in rete*, 19(1), 30–46.
- González, Y. A. C., & Muñoz-Repiso, A. G. V. (2017). Educational robotics for the formation of programming skills and computational thinking in childish. *2017 International Symposium on Computers in Education (SIIE)*, Lisbon, 2017, 1–5.
- Heck, T., Weisel, L., & Kullmann, S. (2019). Information literacy and its interplay with AI. *Proceedings of Conference on Learning Information Literacy across the Globe*. Frankfurt am Main: DIPF.

- Hennink, M., Hutter, I., & Bailey, A. (2020). *Qualitative research methods*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications Ltd.
- Il Sole 24 Ore. Info Data. Quanti dati sono generati in un giorno? https://www.infodata.ilsole24ore.com/2019/05/14/quantidi-dati-sono-generati-in-un-giorno/?refresh_ce=1 (ver. 15.12.2020).
- Jin, L. (2019). Investigation on potential application of artificial intelligence in preschool children's education. *Journal of Physics: Conference Series*. The 5th Annual International Conference on Network and Information Systems for Computers (ICNISC2019) 19–20 April 2019, Wuhan, China. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1288/1/012072> (ver. 15.12.2020).
- Kandlhofer, M., Steinbauer, G., Hirschmugl-Gaisch, S., & Huber, P. (2016). Artificial intelligence and computer science in education: from kindergarten to university. 2016 *IEEE frontiers in education conference*, 1–9. <https://doi.org/10.1109/FIE.2016.7757570> (ver. 15.12.2020).
- Liu, F., & Kromer, P. (2020). Early age education on artificial intelligence: Methods and tools. In S. Kovalev, V. Tarassov, V. Snasel, & A. Sukhanov (Eds.), *Proceedings of the Fourth International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry"* (pp. 696-706). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50097-9_71
- Liu, M., & Tai, L. (2016). Deep-learning in mobile robotics - from perception to control systems: A survey on why and why not. *Journal Of Latex Class Files*, 14(8), 1–16.
- Lyman, P., & Varian, H. R. (2003). *How much information?* Berkeley: University of California. <https://groups.ischool.berkeley.edu/archive/how-much-info-2003/> (ver. 15.12.2020).
- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-16). New York, NY: Association for Computing Machinery.
- McReynolds, E., Hubbard, S., Lau, T., Saraf, A., Cakmak, M., & Roesner, F. (2017). Toys that listen: A study of parents, children, and internet-connected toys. In 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 5197–5207.
- Nan, J. (2020). Research of application of artificial intelligence in preschool education. *Journal of Physics: Conference Series*. The 2020 International Symposium on Electronic Information Technology and Communication Engineering 19-21 June 2020, Jinan, China. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1607/1/012119/pdf> (ver. 15.12.2020).
- Papert, S. (1994). *I bambini e il computer. Nuove idee per i nuovi strumenti dell'educazione*. Bologna: Rizzoli.
- Resnick, M. (2017). *Lifelong kindergarten: Cultivating creativity through projects, passions, peers, and play*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Richardson, J. & Milovidov, E. (2019). *Digital Citizenship Education handbook*. Strasburgo: Council of Europe Publishing.

- Severson, R. L., & Carlson, S. M. (2010). Behaving as or behaving as if? Children's conceptions of personified robots and the emergence of a new ontological category. *Neural Networks*, 23(8), 1099–1103.
- Turkle, S. (1984). *The Second Self: Computers and the Human Spirit*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Vigànò, R. (2002). *Pedagogia e sperimentazione. Metodi e strumenti per la ricerca educativa*. Milano: Vita e Pensiero.
- Wang, Z., Kimura, Y.m & Takahashi, T., & Nakano, E. (2000). A control method of a multiple non-holonomic robot system for cooperative object transportation. *Proceedings of the 5th International Symposium on Distributed Autonomous Robotic Systems* (pp. 447-456).
- Williams, R., Park, H. V., Oh, L., & Breazeal, C. (2019). PopBots: Designing an artificial intelligence curriculum for early childhood education. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence* (pp. 9729-9736). <https://www.aaai.org/ojs/index.php/AAAI/article/view/5040> (ver. 15.12.2020).
- Williams, R., Vázquez Machado, C., Druga, S., Breazeal, C., & Maes, P. (2018). “My doll says it’s ok”: a study of children’s conformity to a talking doll. *Proceedings of the 17th ACM Conference on Interaction Design and Children*. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3202185.3210788> (ver. 15.12.2020).