



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

Educating in Artificial intelligence. The use of robot in the field of didactics through labs.

Educare all'intelligenza artificiale. L'uso dei robot nel campo della didattica attraverso i laboratori.

di Stefania Nirchi

Direttrice di QTimes – Journal of Education, Technologies and Social Studies
direttoreqtimes@gmail.com

Abstract

The robots are becoming more and more common in everyday life. In the last years their use has also increasingly spread to the field of didactics, starting with their use as tools in STEM education. With the advancement of social robotics, the use of robots in didactics has been extended also to tutoring situations in which these “socially aware” robots interact with mainly the children. Educational robotics makes it possible to use new technologies in a reasoned way; there are no prohibitions, but answers to the students’ need to go “beyond”. Different studies demonstrated that robot are very attractive to children and their use makes learning easier, fun and motivating.

In this paper we will give a brief overview of how robots have been used so far in different school cycles, especially in educational robotics labs, where students actively participate and interact with robot.

Keywords: artificial intelligence; educational robotics; learning

Abstract

I robot stanno diventando sempre più comuni nella vita di tutti i giorni. Negli ultimi anni il loro uso si è sempre più diffuso anche nel campo della didattica, a partire dal loro utilizzo come strumenti nell'educazione STEM. Con lo sviluppo della robotica sociale, l'uso dei robot in didattica è stato esteso anche a situazioni di tutoraggio in cui questi robot “socialmente consapevoli” interagiscono con i bambini. La robotica educativa permette di utilizzare le nuove tecnologie in maniera ragionata; non ci sono divieti, ma risposte al bisogno degli studenti di andare “oltre”. Diversi studi hanno dimostrato che i robot esercitano un grandissimo fascino sui bambini e, il loro utilizzo rende più facile, divertente e motivante l'apprendimento.

In questo articolo forniremo una breve panoramica di come i robot sono stati utilizzati finora nei vari cicli scolastici, soprattutto all'interno di laboratori di robotica educativa, nei quali gli studenti partecipano e interagiscono attivamente con i robot.

Parole chiave: intelligenza artificiale; robotica educativa; apprendimento

Premessa

Il termine intelligenza artificiale (d'ora in avanti IA) è entrato prepotentemente in molti aspetti della società odierna toccando molti ambiti, non ultimo quello pedagogico. Essendo oggi elevatissimo il numero di sistemi di IA integrati nelle nostre vite (si pensi ad esempio agli assistenti vocali domestici), si avverte con sempre maggiore forza la necessità di essere “*educati all'IA*”¹, in modo da poter accogliere, non soltanto le possibilità offerte dalle tecnologie, ma riconoscere anche il rischio insito nel loro utilizzo, a causa della circolazione di dati cosiddetti “sensibili” (età, genere, ecc.); fatto questo che ha comportato a livello europeo (OECD, 2019)² la necessità di stabilire dei criteri a cui i sistemi di IA debbono poter rispondere: robustezza, sicurezza, equità e affidabilità. E' necessario, in altre parole, un piano più riflessivo ed etico: un'educazione che stimoli alla consapevolezza di essere cittadini digitali (Frau-Meigs, O'Neill, Soriani, & Tomé, 2017).

Si stanno conducendo diversi studi sull'IA in ambito educativo, con l'obiettivo di promuovere lo sviluppo, non soltanto di ambienti di apprendimento adattivi, ma anche di strumenti di IA, flessibili,

¹ Il corsivo è di chi scrive

² A questo proposito, l'OECD ha stabilito che l'intelligenza artificiale deve seguire cinque principi: 1. andare a vantaggio delle persone e del pianeta (attraverso la crescita inclusiva, sviluppo sostenibile e benessere); 2. rispettare lo stato di diritto, i diritti umani, i valori democratici e la diversità (prevedendo l'intervento umano laddove ce ne fosse bisogno); 3. promuovere trasparenza e divulgazione responsabile per garantire che le persone comprendano i risultati basati sull'intelligenza artificiale; 4. sicurezza per tutto il loro ciclo di vita e valutazione e gestione costante di eventuali rischi; 5. ritenere responsabili per il loro corretto funzionamento tutti coloro che sviluppano, distribuiscono o gestiscono sistemi di IA.

inclusivi, personalizzati, coinvolgenti ed efficaci, esplorandone le ricadute positive a livello didattico (Educause, 2019; Zawacki-Richter, Marìn, Bond, & Gouverneur, 2019). A partire da queste premesse, nel saggio analizzeremo uno degli ambiti di IA molto studiati negli ultimi anni, la *robotica educativa*, i cui effetti sugli apprendimenti sono evidenti già a partire dalla scuola dell'infanzia; una dimensione questa in grande crescita, ma con ancora molti aspetti da esplorare.

1. La teoria del costruzionismo

La robotica educativa si è affermata nel corso degli anni come disciplina e metodologia in grado di favorire la costruzione di conoscenza. La teoria che le fa da sfondo è quella costruzionista, attraverso la quale gli allievi imparano a costruire modelli mentali sulla realtà che li circonda, raggiungendo un apprendimento più efficace se interagiscono con oggetti reali, sentendosi coinvolti in maniera creativa, attraverso l'esperienza e *il learning by making*. Il sapere diventa così utile, condiviso e adeguato allo stile del discente, un sapere pratico ed intenzionale, realizzato in contesti di utilizzo concreti (Harel & Papert, 1991; Varisco, 1995).

Gli aspetti alla base del costruzionismo papertiano sono due: il primo che affonda le radici nella teoria costruttivista piagetiana, secondo la quale l'apprendimento non è una mera trasmissione di conoscenze (istruzionismo), ma si configura come ricostruzione; il secondo che si richiama ad un apprendimento più efficace e padroneggiato, che non è solo mentale, ma è supportato da una costruzione reale, da un progetto significativo, il cosiddetto "pensiero concreto" (Papert, 1986).

Attraverso la teoria costruzionista viene introdotto il concetto di "artefatti cognitivi", ovvero tutti quegli oggetti o dispositivi che facilitano l'apprendimento. Questi oggetti reali debbono poter essere mostrati, discussi, analizzati, provati. Vengono così proposti dei "set di costruzione", che fanno sì che l'apprendimento si concretizzi e si avvicini il più possibile alla realtà. Sulla base di questa impostazione, in una situazione di difficoltà di apprendimento da parte degli studenti, la causa sarebbe da rintracciare non nella complessità delle informazioni date dal docente, ma nella inadeguatezza dei materiali proposti, che debbono fungere, invece, da anello di congiunzione tra conoscenze da acquisire e realtà e, rendere le informazioni fornite, semplici da apprendere. In un contesto come quello fin qui delineato, l'apprendimento si concretizza attraverso la centralità dell'allievo e delle sue attività, condizione questa che sembra emergere nelle esperienze didattiche condotte con l'utilizzo dei robot.

L'uso della robotica in classe può portare, infatti, a risultati positivi quando è in grado di insegnare ai ragazzi ad apprendere "l'arte" del saper apprendere, per sapersi adattare alle novità che la vita quotidiana può offrire loro. Ciò che un individuo impara in un determinato istante, dovrà permettergli, in situazioni diverse di acquisire conoscenze analoghe in modo autonomo. La robotica educativa può creare le condizioni perché tutto questo avvenga.

2. Applicazione dei robot nei contesti scolastici

Nel corso degli ultimi anni c'è stato un notevole aumento di indagini sull'impatto dei robot rispetto a una serie di competenze che possono essere stimulate, in docenti e discenti, coinvolti in esperienze di robotica educativa (Alimisis & Kynigos, 2009; Benitti, 2012; Cheng et al., 2018; Kandlhofer et al., 2016; Liu & Kromer, 2020; Williams et al., 2019). Sono state, infatti, individuate diverse potenzialità rispetto all'uso dei robot in aula. Si tratta di strumenti che hanno caratteristiche tali, da renderli particolarmente adatti ad agevolare l'acquisizione da parte degli allievi di

conoscenze e abilità (Cheng et al., 2018). Per esempio, sono particolarmente indicati in tutti i processi definiti *project-based*, ovvero tutte quelle attività nelle quali i discenti si trovano a lavorare in modo autonomo e/o in gruppo, per far svolgere una funzione al robot e che comportano da parte degli studenti una serie di azioni: scegliere e organizzare le proprie attività, sintetizzare informazioni, risolvere problemi, ecc. Altre caratteristiche dei robot che agevolano i processi di insegnamento-apprendimento in termini di efficacia sono per esempio, il loro essere flessibili, la loro capacità di eseguire compiti ripetitivi, l'aspetto umanoide e l'interattività. Essi sono un valido aiuto nell'ambito didattico poiché, attraverso la progettazione di attività di gioco ed esperienze pratiche, che contribuiscono a rendere l'ambiente formativo più coinvolgente, facilitano l'apprendimento degli studenti, li spingono ad imparare e contribuiscono allo sviluppo di tutte quelle competenze legate alle discipline STEM, come la capacità di risolvere problemi e la partecipazione attiva (Cheng et al., 2018).

Diverse ricerche condotte nel corso degli anni (Alimisis e Kynigos, 2009; Mubin et al., 2013; Tanaka et al., 2015) hanno dimostrato come i robot possono essere utili già a partire da contesti didattici quali la scuola dell'infanzia e la scuola primaria. La loro applicazione in questi percorsi formativi è stata interpretata in due modi diversi: come strumenti di apprendimento e come agenti educativi.

La prima modalità ci rimanda a modelli impiegati all'interno di scuole secondarie di primo e secondo grado per sostenere modelli di insegnamento-apprendimento interdisciplinare, che si concretizzano solitamente in progetti extrascolastici svolti facendo dialogare tra loro le discipline STEM. In questo caso ci si concentra per lo più nell'insegnare agli studenti i principi di base della programmazione di un robot. Tra i modelli di robot impiegati come strumenti di apprendimento ricordiamo, il sistema Lego Mindstorms NXT (Lau et al., 1999), un set di robotica che permette ai discenti di concretizzare il pensiero astratto e realizzare ed esplorare anche creature artificiali, favorendo così l'apprendimento attivo.

Questo sistema Lego è stato poi integrato negli anni da altri modelli, utili per l'insegnamento della fisica e dell'elettronica (Balough, 2010; Mukai & McGregor, 2004) e impiegati sempre come stimolo per gli studenti nella costruzione di applicazioni o ambienti specifici, oppure, per familiarizzare con l'IA e i suoi principi.

La seconda modalità rappresenta, invece, un ambito di studio che negli ultimi anni è stato oggetto di molta attenzione, a causa dei passi in avanti fatti nella cosiddetta, robotica sociale³. Vari robot di questo tipo, sono stati impiegati in contesti educativi, come per esempio il robot iCat, utilizzato per insegnare ai bambini a giocare a scacchi (van Breemen et al., 2005; Leite et al., 2011); il robot Keepon, impiegato per l'istruzione e la terapia dei bambini affetti da disturbi autistici (Kozima et al., 2009); i robot umanoidi e semi-umanoidi, studiati per indagare cosa accade quando gli studenti si trovano ad interagire con robot i cui gesti e movimenti del corpo sono facilmente comprensibili (Benitti, 2012). Quelli più utilizzati sono Softbank Robotics " NAO" (Shamsuddin et al., 2011), RoboVie (Ishiguro et al., 2001) e Tiro (Han & Kim, 2009).

Studiando i diversi ruoli che i robot sociali possono svolgere all'interno di contesti educativi (Belpaeme et al., 2018), si è scoperto che questi artefatti tecnologici possono ricoprirne diversi. Per esempio può essere un robot novizio, per cui la situazione costringe gli studenti a ricoprire il ruolo di tutor, insegnando per esempio al robot un determinato argomento. Una situazione di questo tipo

³ I robot sociali sono dispositivi autonomi o semi-autonomi dotati di un corpo e in grado di interagire fisicamente o verbalmente con esseri umani o con altri dispositivi robotici fisici autonomi.

rappresenta per il discente un'opportunità, perché gli permette di testare le sue conoscenze su determinati aspetti della disciplina, ma anche di avere più fiducia nelle proprie capacità; pensiamo ad esempio ai benefici nel caso dell'apprendimento di una lingua straniera in una scuola primaria (Tanaka e Matsuzoe, 2012). Il robot può trovarsi, inoltre, in una situazione nella quale funge da tutor, comportandosi come una sorta di assistente del docente, intervenendo per esempio durante l'attività didattica, per incoraggiare gli studenti (Leite et al., 2011).

Un altro ruolo del robot è quello di comportarsi all'interno del contesto educativo o come un *peer* più informato dei discenti e che li guida verso un processo di apprendimento (Belpaeme et al., 2018), oppure semplicemente un *peer* che necessita dell'aiuto degli studenti (Tanaka & Kimura, 2009). In entrambi i casi una situazione di questo tipo permette ai discenti, di sentirsi più a loro agio, rispetto a quella invece nella quale sono chiamati a confrontarsi con un tutor o un insegnante e, al robot, di lavorare ad aumentare la motivazione degli allievi.

3. Il laboratorio di robotica educativa

L'utilizzo della robotica in ambito educativo è importante poiché permette agli studenti di imparare un metodo di ragionamento e sperimentazione che gli servirà per muoversi nel mondo che li circonda; di stimolare le loro attitudini creative e migliorare la comunicazione e il lavoro di gruppo. Il terreno privilegiato per fare tutto questo è rappresentato dai laboratori per la robotica, poiché delineano l'ambiente, che più di altri, favorisce la promozione delle competenze scolastiche, attraverso il lavoro per progetti (Pellerey, 2004). Proprio in campo laboratoriale avviene il passaggio dalla robotica alla robotica educativa.

Durante questi momenti di lavoro interdisciplinare, che possono vedere coinvolti tutti gli studenti, dalla scuola primaria alla secondaria di secondo grado, i docenti svolgono il ruolo di facilitatori e accompagnano i discenti nel percorso di acquisizione di competenze reali. A tal fine, ogni attività formativa deve essere progettata in modo tale che possa stimolare un apprendimento consapevole e favorire un cambiamento del modo di agire dell'allievo, attraverso la modifica dei suoi modelli di pensiero. Rispetto ad attività didattiche di tipo tradizionale, il laboratorio di robotica permette di far vivere ai docenti e agli studenti un'esperienza immediata e tangibile del processo elaborato. Infatti, il robot, mostrando il livello di prestazione del suo "programmatore", che sia esso singolo allievo o gruppo, è in grado di rendere immediatamente evidenti eventuali errori commessi, senza che sia necessario l'intervento del docente. Di conseguenza, gli studenti sono in grado di capire il problema sorto e apportare le modifiche necessarie al raggiungimento dell'obiettivo prefissato. In questo modo l'errore diventa lo stimolo per mettere in atto una strategia di risoluzione e un'occasione per raggiungere in modo più consapevole il successo (Marcianò, 2007). Durante la ricerca della strategia risolutiva dell'errore commesso, si sviluppano processi cognitivi *peer-to-peer* tra i componenti del gruppo studenti, che li conduce verso una meta-cognizione, cioè ad autoriflettere su cosa e come stanno apprendendo e su quali sono le motivazioni che li spingono a imparare quella determinata nozione. Tutto questo percorso contribuisce a far acquisire agli studenti maggiore sicurezza, rendendoli di volta in volta più competenti (Merlo 2010).

3.1 Attività di robotica nella scuola

La robotica può essere impiegata con successo – insieme all'IA – anche nell'educazione dei bambini in età prescolare, avvezzi sin dalla tenera età all'uso delle tecnologie (Liu e Kromer, 2020). A 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). 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 (Bers, Ponte, Juelich, Viera, e Schenker, 2002). Per fare questo è necessaria una adeguata formazione iniziale dei docenti nel campo delle tecnologie, per far sì che, tutti coloro che sono coinvolti nel processo di insegnamento-apprendimento, siano protagonisti del processo formativo con i robot, e non, invece, semplici consumatori di un'attività didattica, nella quale viene impiegato l'artefatto tecnologico, senza, però, aver stabilito a monte, obiettivi, finalità e benefici di un suo utilizzo all'interno del contesto educativo. A fronte dunque della familiarità delle nuove generazioni di studenti con le tecnologie, si avverte sempre più la necessità di un curriculum scolastico che contempli al suo interno anche l'educazione all'IA, elemento importante per lo sviluppo, soprattutto nei discenti più piccoli, di alcune capacità di rilievo nell'ambito scolastico, come per esempio la creatività e il lavorare in gruppo (Liu & Kromer, 2020).

Nella scuola primaria, invece, la robotica può essere introdotta attraverso la tecnica della narrazione. Una delle modalità indicate da alcuni studi per la costruzione di storie è la *computer-based narration* (Ohler, 2007), che prevede: la creazione di una mappa della storia; il feedback del gruppo, con eventuale integrazione di elementi; la scrittura della storia; la registrazione; l'ascolto; eventuale revisione. Una volta terminato con successo il processo, si passa alla fase più tecnologica, ovvero la realizzazione di robot attraverso un percorso progettuale. La robotica educativa permette, in questo ciclo scolastico, lo sviluppo di una serie di competenze. Si pensi, ad esempio, all'area linguistico-espressiva: la partecipazione dei bambini ad un laboratorio presuppone il saper lavorare in gruppo, l'acquisizione di un linguaggio tecnico, il raggiungimento di competenze linguistiche come il parlato, l'ascolto, la scrittura e la lettura. I discenti dovranno essere in grado di mettere in campo queste competenze in ogni momento del laboratorio, dalla fase di progettazione a quella della programmazione; dovranno, altresì, essere nella condizione di poter comunicare con i compagni le proprie idee, parlando "lo stesso linguaggio tecnico"

Dal punto di vista dell'acquisizione delle competenze disciplinari, la robotica può essere introdotta nella scuola secondaria di primo e secondo grado, sia per le discipline scientifiche che umanistiche. Nell'ambito scientifico per esempio, gli studenti sono chiamati a lavorare per problemi, questo vuol dire che non si richiede una semplice applicazione di competenze possedute, ma una loro opportuna combinazione, per poter giungere alla risoluzione del problema stesso. A differenza di quanto accade nello svolgimento di un esercizio, «[...] la risoluzione di un problema comporta la messa in moto di attività creative: lo studente, sulla base delle proprie competenze, deve organizzarle per ideare ed usare una strategia che non ha mai sperimentato prima; dunque si tratta di un vero e proprio atto creativo» (D'Amore et al., 2006 p. 74).

L'applicazione, invece, della robotica educativa nella scuola dell'infanzia comporta per docenti e discenti lavorare in modo trasversale, in tutti i campi di esperienza che caratterizzano questo ciclo scolastico. I bambini, attraverso la relazione con il robot, possono: acquisire il concetto di responsabilità ed autorità, rapportandosi con la programmazione di un artefatto tecnologico; scoprire similitudini e differenze nel corpo, nel movimento e nel linguaggio dell'uomo e del robot; imparare a comunicare attraverso differenti modalità, apprendendo così la potenzialità espressiva e comunicativa dei differenti mezzi della lingua e del linguaggio non verbale (gesti, pianti, risate...); imparare l'enumerazione, contando i passi compiuti dal robot, oppure la cardinalità e così via. Questi sono solo alcuni degli esempi che si possono fare per capire la molteplicità di attività che

possono essere messe in campo in un laboratorio di robotica educativa, in ogni ordine di scuola e attraverso ambienti di apprendimento a misura di bambino. Resta fondamentale il ruolo svolto dall'insegnante che sarà tanto più efficace, quanto più avrà una formazione adeguata sulle tecnologie in generale e, sull'uso dei robot in educazione nello specifico.

Conclusioni

Le tecnologie diventano uno strumento educativo per i ragazzi nel momento in cui gli adulti che le propongono preparano spazi “pensati appositamente per dare sfogo alla loro creatività, alla voglia di sfida, al pensiero non convenzionale che porta a vedere applicazioni e soluzioni nuove” (Marcianò, 2017, p. 14). Ci sono diverse caratteristiche riconosciute alla robotica educativa, come per esempio: permettere il dialogo tra discipline molto diverse tra loro e consentire ai discenti di mantenere vivo l'interesse nei confronti delle discipline e, allo stesso tempo, sviluppare la manualità e il lavoro cooperativo (Denis & Hubert, 2001; Operto, 2011); stimolare l'attenzione degli studenti, mantenendola per un tempo molto lungo e essere di grande aiuto nei casi di studenti con problemi di attenzione e/o di comportamento (Benitti, 2012; Moro, Menegatti, Sella & Perona, 2011). L'utilizzo dei robot in ambito scolastico rappresenta un momento importante per l'instaurarsi di una relazione virtuosa tra artefatto tecnologico e discente. Questa interazione, favorita dal docente (Lund, 2000), consente al bambino di sperimentare l'esperienza di un apprendimento attivo, nel quale è egli stesso chiamato a programmare il robot, decidendone comandi e conseguenti spostamenti. Affinché tutto questo si realizzi, però, è fondamentale preparare al meglio gli alunni ad affrontare le sfide dell'IA e l'apprendere con i robot (Ali et al., 2019). Una delle strade possibili è quella di riflettere sulla necessità di creare, a partire dalla scuola dell'infanzia, un curriculum in grado di stimolare un apprendimento costruzionista, garantendo maggiore motivazione ed un uso creativo dei contenuti. Per fare questo si rende necessario realizzare mondi artificiali in base alle proprie rappresentazioni e sperimentare in essi fenomeni reali che possano collocare gli studenti in un'ottica di ricercatori, che continuamente scoprono e verificano la validità di personali intuizioni, secondo una coerenza significativa tra ricerca e sperimentazione (Alessandri & Paciaroni, 2011). Le strade che più si prestano a rendere questo percorso agevole nei vari cicli scolastici sono quelle della narrazione e della simulazione. L'impiego della robotica educativa permette, attraverso queste due direzioni, da una parte, di raccontare il proprio mondo, realizzando e manipolando i robot, dall'altra di realizzare praticamente dei dispositivi, integrando così nella didattica, il reale e l'artificiale, attraverso un approccio funzionale sia allo studio dei contenuti, sia alla metodologia, promuovendo conseguentemente, la motivazione all'apprendimento.

Bibliografia di riferimento:

Alessandri G., Paciaroni M. (2011), Robotica Educativa, in: Minerva T., Colazzo L. (eds), *Connessi!* 37-45, Milano: Ledizioni.

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. 13.12.2020).

Balogh, R. (2010). Educational robotic platform based on arduino. *Proc. Conference on Educational Robotics*, 119–122.

- 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: pp. 978-988.
- 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. 13.12.2020).
- 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. 13.12.2020).
- D’Amore B., Fandiño Pinilla M.I., Marazzani I. (2004). “Esercizi anticipati” e “zona di sviluppo prossimale”: comportamento strategico e linguaggio comunicativo in attività di problem solving. *La matematica e la sua didattica*. 2, 71-95.
- Denis, B., Hubert, S. (2001). Collaborative learning in an educational robotics environment. *Computers in Human Behavior*, 17, 465-480
- Educause. (2019). *Horizon report: 2019 higher education edition*. EDUCAUSE Horizon Report: 2019 Higher Education Edition. <https://library.educause.edu/media/files/library/2019/4/2019horizonreport.pdf> (ver. 13.12.2020).
- Frau-Meigs, D., O’Neill, B., Soriani, A. & Tomé, V. (2017). *Digital citizenship education - Vol.1*. Overview and new perspectives. Council of Europe.
- Han, J. & Kim, D. (2009). r-Learning services for elementary school students with a teaching assistant robot. In *Human-Robot Interaction (HRI)*, 4th ACM/IEEE International Conference on (pp. 255-256). IEEE.
- Harel, I., & Papert, S. (Eds.). (1991). *Constructionism*. Ablex Publishing.
- Ishiguro, H., Ono, T., Imai, M., Maeda, T., Kanda, T. & Nakatsu, R., (2001). Robovie: an interactive humanoid robot. *Industrial robot: An international journal*, 28(6), pp.498-504.
- 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. 13.12.2020).
- 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. 13.12.2020).
- 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
- Kozima, H., Michalowski, M.P. & Nakagawa, C. (2009). Keepon. *International Journal of Social Robotics*, 1(1), pp.3-18.
- Lau, K.W., Tan, H.K., Erwin, B.T. & Petrovic, P. (1999) Creative learning in school with LEGO (R) programmable robotics products. In *29th Annual IEEE Frontiers in Education Conference* (Vol. 2, pp. 12-26).
- Leite, I., Pereira, A., Castellano, G., Mascarenhas, S., Martinho, C. & Paiva, A. (2011). Social robots in learning environments: a case study of an empathic chess companion. In *Proc. of the*

- International Workshop on Personalization Approaches in Learning Environments* (Vol. 732, pp. 8-12).
- Liu, F., & Kromer, P. (2020). Early age education on artificial intelligence: Methods and tools. In S. Marcianò, G. (2017). *Robot e scuola: guida per la progettazione, la realizzazione e la conduzione di un Laboratorio di Robotica Educativa*. Milano: Hoepli.
- Lund, H.H., Pagliarini, L. (2000). "RoboCup Jr. with LEGO MINDSTORMS," *Proceedings 2000 ICRA. Millennium Conference. IEEE International Conference on Robotics and Automation. Symposia Proceedings (Cat. No.00CH37065)*. San Francisco, CA, USA, pp. 813-819 vol.1, doi: 10.1109/ROBOT.2000.844151.
- Merlo, D. (2010). *La robotica educativa nella scuola primaria*. StreetLib: Epub
- Moro, M., Menegatti, E., Sella, F., & Perona, M. (2011). *Imparare con la robotica: applicazioni di problem solving*. Trento: Erickson
- Mubin, O., Stevens, C.j., Shahid, S., Al Mahmud, A. & Dong, J. (2013). A review of the applicability of robots in education. *Technology for Education and Learning*, 1:1– 7
- Mukai, H. & McGregor, N. (2004). Robot control instruction for eighth graders, *IEEE, Control Systems*, 24(5), 20–23.
- OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development (2019). Recommendation of the Council on OECD Legal Instruments Artificial Intelligence. OECD/LEGAL/0449. <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0449> (ver. 13.12.2020).
- Ohler J. (2007). *Digital Storytelling in the Classroom: New Media Pathways to Literacy, Learning, and Creativity*, Thousand Oaks: Corwin Press Inc.
- Operto, F. (2011). Ethics in advanced robotics. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 18(1), 72–78.
- Papert, S. (1996). *The Connected Family: bridging the digital generation gap*. Trad. It. Connected family. Come aiutare genitori e bambini a comprendersi nell'era di internet. Milano: Mimesis. 2006.
- Pellerey M. (2004), *Le competenze individuali e il portfolio*. Milano: Rizzoli.
- Shamsuddin, S., Ismail, L.I., Yussof, H., Zahari, N.I., Bahari, S., Hashim, H. & Jaffar, A. (2011). Humanoid robot NAO: Review of control and motion exploration. In *Control System, Computing and Engineering (ICCSCE)*, 2011 IEEE International Conference on (pp. 511-516).
- Tanaka, F. & Kimura, T. (2009). The use of robots in early education: a scenario based on ethical consideration. In *Robot and Human Interactive Communication*, 2009. RO-MAN 2009. The 18th IEEE International Symposium on (pp. 558-560). IEEE.
- Tanaka, F. & Matsuzoe, S. (2012). Children teach a care-receiving robot to promote their learning: Field experiments in a classroom for vocabulary learning. *Journal of Human-Robot Interaction*, 1(1), pp.78-95.
- Tanaka, F., Isshiki, K., Takahashi, F., Uekusa, M., Sei, R. & Hayashi, K. (2015.). Pepper learns together with children: Development of an educational application. In *IEEE-RAS 15th International Conference on Humanoid Robots* (pp. 270-275)
- Varisco, B. M., (1995). Paradigmi psicologici e pratiche didattiche con il computer. *TD(7)*. Pp-57-68.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F.(2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education –where are the educators?

International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16, 1–27.
<https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0> (ver. 13.12.2020).

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. 13.12.2020).