LEOPOLDINA FORTUNATI

2020

Fortunati, L., Ferrin, G., & Zuncheddu, A. (2020). I robot sociali visti come strumento educativo e interrogazione teorica. *Sistemi intelligenti*, 32(1), 155-165.

Social robots seen as an educational tool and a theoretical query

The present article aims at reflecting on a number of empirical studies we have carried out in the last five years with the purpose of retracing critically their research questions and results. Our reflection has pointed out two operational limits. The first consists in the fact that in these activities mainly *build bots* or *use bots* have been used, rarely social robots. The second limit is that poor effects have been achieved on changing the students' cognitive schemas on robots. These two limits raised the question whether they were peculiar to our *research or rather typical of common school activities. The answer is that they* can be probably be ascribed to many educational robotics activities. Moreover, we identified two other issues: a structural limit, due to the often inadequate teacher training; and a design limit, due to an integration between curriculum subjects (including STEM disciplines) and social disciplines, which is insufficient to raise awareness about new social processes triggered by robotics. We think that there should be greater integration between these different subjects to enhance cooperation amongst all the players involved in designing and conducting educational robotics activities. We believe that it is desirable a correction of the general planning for the purpose of making explicit the social and cultural implications of the spread of robotics in everyday life, incorporating into educational robotics the awareness of its social meaning.

Keywords: educational robotics, social robots, robotization.

1. Introduzione

Il presente articolo propone una riflessione che riguarda una serie di ricerche empiriche da noi realizzate nell'ultimo quinquennio. Alcune domande hanno guidato la nostra riflessione: siamo stati capaci di spiegare criticamente il fenomeno dei robot sociali alle nuove generazioni?
Siamo stati capaci di insegnare agli studenti a lavorare con un robot, ma allo stesso tempo a condividere con loro gli strumenti critici necessari a comprendere profondamente i significati sociali, politici ed economici della diffusione della robotica in settori sempre più ampi della vita quotidiana? Le ricerche svolte sono state realizzate dal gruppo che fa capo al Laboratorio sui Nuovi Media NuMe dell'Università di Udine (Fortunati, Esposito, Ferrin e Viel, 2014; Fortunati, Manganelli e Ferrinin via di pubblicazione) e sono tutt'ora in corso.

Due premesse sono necessarie ad inquadrare il nostro lavoro e a delineare i limiti all'interno dei quali ci siamo mossi. In primo luogo, l'espressione Robotica Educativa denota l'introduzione e l'utilizzo di robot in diversi gradi del sistema educativo di istruzione e di formazione e con funzioni diverse:

1. può riferirsi all'insegnamento dei sistemi robotici e meccatronici, ad esempio nelle materie comprese in alcuni curricula della Scuola Secondaria Superiore (*robot as a learning object*);

2. può riferirsi all'utilizzo dei robot come strumenti didattici (*robot as a learning tool*), ad esempio nella Scuola Secondaria Inferiore e nella Scuola Primaria;

3. può riferirsi all'utilizzo di robot come docenti "collaboratori" in alcune attività didattiche, come nell'insegnamento delle lingue straniere (*robot as a teaching agent*) (van den Berghe, Verhagen, Oudgenoeg-Paz, van der Ven e Leseman, 2019) o come oggetto di cura e istruzione da parte di bambini (*care-receiving*, *teachable robot*), la cui sperimentazione avviene ad esempio con bambini di età propria della Scuola dell'Infanzia (Tanaka e Matsuzoe, 2012).

Una ulteriore modalità di approccio alla robotica avviene attraverso i *contest*, situazioni in cui *team* di studenti lavorano per vincere una competizione. È sicuramente vero che le attività previste dai *contest* hanno come obiettivi anche quelli che tratteremo nel presente articolo ma è altrettanto vero che i *team* sono costituiti da studenti scelti o volontari, non coinvolgono tutti gli scolari o gli studenti presenti in classe.

In questo lavoro, la nostra riflessione si riferisce esclusivamente alla seconda accezione, in cui l'obiettivo non è quello di insegnare la robotica come disciplina, ma quello di formare e sviluppare il pensiero complesso utilizzando strumenti didattici robotici.
In secondo luogo va tenuta in considerazione l'estrema varietà di prodotti definibili come robot educativi. Tre, ad esempio, sono i tipi nella classificazione tassonomica di Catlin *et al.* (2019):

a. *Build bots* (robot da costruire);

b. *Use bots* (robot da utilizzare);

c. *Social bots* (robots sociali).

La parte più consistente delle nostre esperienze è stata caratterizzata dal tentativo di insegnare a progettare e a costruire automi, macchine, robot, in grado di muoversi e interagire con l'ambiente con i limiti imposti dall'insieme di sensori e attuatori a disposizione, quindi del tipo a. In alcuni casi il lavoro è stato svolto con materiali poveri o di riciclo (come cartone, legno, polistirene), in altri con materiali strutturati (come Lego Mindstorms). Dei dati raccolti nelle due diverse esperienze è stata prodotta un'analisi comparativa per verificare la teoria di Eisenberg, Buechley ed Elumeze (2004), secondo cui la prima sarebbe dovuta risultare più efficace della seconda sul piano cognitivo (Fortunati *et al.*, in via di pubblicazione).

I risultati ci hanno rivelato che, nel primo caso, la costruzione di un robot a partire da zero ha aumentato solo le abilità manuali degli alunni, mentre la costruzione di un robot con materiali strutturati ha aumentato la loro consapevolezza del processo di robotizzazione delle macchine. Nel nostro caso quindi la teoria di Eisenberg *et al.* ha trovato solo una conferma parziale: una strategia non è preferibile all'altra in senso assoluto, ma entrambe hanno una loro specifica efficacia. Qualunque sia la tipologia di materiali utilizzata in queste attività di robotica educativa, esse si dimostrano entrambe interessanti.
Un altro filone di ricerca da noi sviluppato ha riguardato lo studio della conoscenza e dell'immaginario robotico degli alunni della scuola primaria e degli studenti della scuola secondaria inferiore (Fortunati, Esposito, Sarrica e Ferrin, 2015). Abbiamo somministrato a 704 bambini (di età compresa tra i 9 e i 14 anni) in 17 classi di 8 istituti comprensivi un questionario sulla loro concettualizzazione dei robot. In questo studio abbiamo preso come punto di riferimento la teoria delle rappresentazioni sociali (Moscovici, 1961).
Dalle risposte ottenute è emerso che 1) la conoscenza fattuale dei robot da parte di bambini e ragazzi è piuttosto chiara in quanto considerano giocattoli, robot ed esseri umani come entità con caratteristiche significativamente diverse; 2) il loro immaginario sui robot è caratterizzato da 125 distinte entità, derivanti da stimoli mediatici; 3) vi è una certa tensione tra immaginario e conoscenza fattuale in quanto ai robot reali bambini e ragazzi tendono ad attribuire le caratteristiche avanzate o futuribili dei robot immaginari.
Dalla riflessione sui risultati delle ricerche esposte sono emersi i due limiti la cui analisi costituisce l'oggetto questo articolo. Il primo limite consiste nel fatto che nelle attività di robotica educativa si utilizzano prevalentemente robot di tipo a. (*Build bots*) o b. (*Use bots*), raramente robot sociali, il cui uso è generalmente riservato alle attività didattiche di tipo 3., o nei bisogni speciali (ad esempio negli interventi educativi con bambini con disturbi dello spettro autistico) (Scaradozzi, Screpanti e Cesaretti, 2019, 67).
Nei robot che vengono maggiormente utilizzati nelle scuole primarie e secondarie inferiori, quali Bee-Bot, mBot, Lego Mindstorms, ecc. mancano completamente l'aspetto comunicativo e gli elementi di intelligenza artificiale che sono invece presenti in vari prodotti robotici che cominciano ad essere abbastanza diffusi nella nostra quotidianità. L'uso di assistenti vocali come Alexa, Siri, Cortana (non raro da parte delle giovani generazioni, come emerge da un'altra ricerca: Fortunati, Manganelli, Höflich, Ferrin, 2019) e delle loro controparti fisiche connesse alle reti IoT (Internet delle Cose) domestiche si stanno diffondendo ogni giorno di più nelle nostre case.
Un numero non trascurabile di bambini e preadolescenti gioca con una nuova generazione di *toy robots*, anch'essi connessi alle reti appena citate, sensibili a suoni, immagini, tatto e movimento (McReynolds *et al.*, 2017; Mascheroni e Holloway, 2019), giocattoli fisici che diventano *media* che "mediano ciò che non è mai stato mediato prima" (Bunz e Meikle, 2018).

Questa situazione provoca uno iato tra gli interventi messi in atto con notevoli sforzi nell'ambito della robotica educativa e la robotica "vera", "funzionante" e diffusa nella società e soprattutto nell'ambiente domestico in cui bambini, bambine, ragazzi e ragazze vivono per gran parte delle loro giornate. Corsi e *workshop* di robotica educativa rischiano di presentare e fare uso solo di tecnologie di tipo a. e b., non per la limitata preparazione degli insegnanti o per la mancanza di efficaci corsi di aggiornamento loro rivolti, ma per la limitatezza dei fondi stanziati per l'innovazione educativa.

La ben nota scarsità di fondi assegnati al sistema educativo non consente un acquisto delle tecnologie che sia in grado di tenere il passo con i tempi veloci con cui i nuovi prodotti tecnologici vengono immessi nel mercato. Non è dunque difficile avere in classe alunni o studenti che abbiano una familiarità domestica con robot capaci di interagire con gli umani in modo interpersonale. Questa è senz'altro una delle ragioni per cui non sempre si riesce a suscitare in alunni e studenti quell'entusiasmo necessario per rispondere adeguatamente all'offerta educativa robotica. Dovremo quindi iniziare a considerare e utilizzare come strumenti educativi le tecnologie sopra citate, "robot sociali", non robot sensibili esclusivamente a grandezze fisiche (luci, suoni, colori, distanze).

Il secondo limite evidenziato dalle nostre ricerche consiste negli scarsi effetti provocati dalle attività di robotica educativa sugli schemi cognitivi degli studenti sui robot.
In ogni *workshop* di robotica organizzato e condotto su diverse classi della scuola secondaria inferiore abbiamo cercato di valutare, tramite questionari pre-post, se i partecipanti avessero modificato la loro concettualizzazione dei robot.

I risultati delle nostre ricerche hanno falsificato la nostra ipotesi iniziale mostrando con una certa regolarità che il coinvolgimento diretto degli alunni e studenti nella costruzione di un robot non aveva portato all'apprendimento sperato, cioè a una concettualizzazione più sofisticata e scientifica. Gli stessi studenti, inoltre, in alcuni casi non dimostravano di aver preso coscienza del processo di robotizzazione che coinvolge non solo macchine e sistemi già esistenti e socialmente diffusi, ma anche, come si è già detto, molti aspetti della vita quotidiana, come ad esempio i gusti e i modi di comunicare.

La nostra progettazione si è quindi rivelata sicuramente deficitaria in quanto non è stata in grado di offrire agli studenti gli strumenti critici per interpretare i processi citati.
Questi due limiti ci hanno spinto a riflettere sull'intero processo di applicazione della robotica educativa attuale e sul background concettuale, teorico e strutturale su cui si basa il lavoro che viene normalmente svolto in tale ambito, e a proporre degli interventi.

2. Background concettuale, teorico e strutturale della robotica educativa

Sul piano teorico gli approcci fondamentali su cui si poggia la robotica educativa sono le teorie di Piaget e di Papert. Secondo la teoria costruttivista, l'apprendimento si configura come un processo attivo, in cui le bambine e i bambini sono visti come costruttori della loro stessa conoscenza: ciascuno di loro crea la propria rappresentazione del mondo, attraverso l'interazione con l'ambiente, unendo e fondendo le nuove informazioni con le conoscenze che già possiede (Piaget, 1973).

La teoria costruzionista completa questo quadro attribuendo fondamentale importanza alla manipolazione di oggetti concreti e all'affrontare problemi concreti, allo scopo di rendere il processo di apprendimento più efficace (Papert, 1980).
La manipolazione di un artefatto, un robot nel nostro caso, è quindi cruciale nell'applicazione delle idee di Piaget e Papert per dare forma ad un processo di apprendimento che sia efficace in particolar modo in un contesto in cui il discente sia impegnato in modo conscio nella costruzione di un'entità pubblica, cioè condivisa, "sia essa un castello di sabbia sulla spiaggia oppure una teoria dell'universo" (Papert e Harel, 1991).

Certamente è vero il fatto che, attraverso la costruzione e la programmazione di robot, la robotica educativa dà agli studenti l'opportunità di dedicarsi ad attività di apprendimento potenzialmente divertenti e crea allo stesso tempo un contesto di apprendimento spesso stimolante, in cui si promuove il coinvolgimento e l'interesse nonché l'autostima e il senso di autoefficacia dei discenti (Alimisis, 2013; Csikszentmihalyi, 1997).

Sul piano progettuale e strutturale, la robotica costituisce un valore aggiunto per le discipline dell'ambito STE(A)M (*Science*, *Technology*, *Engineering*, *Art*, *Mathematics*) in cui la fisicità dell'oggetto robot consente l'esercizio e l'affinamento delle abilità spazio-visuali, oltre che manuali. Inoltre essa può avere un significativo impatto sulla didattica delle scienze pure e delle scienze ingegneristiche, a tutti i livelli, dalla Scuola per l'infanzia fino all'Università (Matarić, 2004).

L'osservazione del comportamento dei robot può stimolare la costruzione di ipotesi, l'ideazione di esperimenti dei quali poter poi valutare l'adeguatezza e i possibili risultati da cui ulteriormente trarre conclusioni teoriche e possibili spiegazioni alternative. Abilità queste, metaconoscitive, che sono proprie delle attività di ricerca scientifica (Datteri e Zecca, 2016).

Il limite più consistente sta nel fatto che coloro che, soprattutto al livello istituzionale, spingono le discipline STEM, in qualche modo lo fanno pensando soprattutto alla formazione tecnica degli studenti.

La Commissione Europea, ad esempio, "esorta [...] a investire nelle competenze degli ambiti STEM per coltivare le conoscenze scientifiche e *migliorare l'attrattiva delle carriere in tali ambiti*." (Commissione Europea, 2018).

La preoccupazione di fornire agli studenti una solida preparazione tecnico-scientifica è lodevole, ma non è sufficiente. In realtà, la prospettiva che implicitamente emerge in molte attività di robotica educativa attuali è quella di preparare le giovani generazioni in vista di un mercato del lavoro che sarà sempre più 4.0. Si pensa al lavoratore del futuro, inteso come lavoratore che dovrà cooperare con tecnologie robotiche e che quindi deve conoscere cos'è e come funziona una macchina di quel genere.

Tuttavia, questa prospettiva è riduttiva per due ragioni. Anzitutto perché la robotica si sta muovendo verso la sfera della riproduzione sociale (case, sistemi sociali e sanitari, educazione, intrattenimento, amministrazione pubblica, ecc.) (Fortunati, 2018).

Secondo, perché in questo modo non si attiva nelle giovani generazioni la riflessione sulle conseguenze che la cooperazione con quei sistemi avrà per i lavoratori stessi che rischieranno di essere trattati a loro volta come robot, dopo essere diventati "appendici" delle macchine durante la grande industria, come Marx sottolineava.

Quali sono gli altri limiti di questo percorso che sembra così affascinante, almeno a livello potenziale? Allo stato dell'arte, gli studi scientifici e le ricerche sull'argomento si riferiscono quasi esclusivamente ad interventi su discipline dell'ambito STEM e all'informatica.

Esse per esempio non considerano l'utilizzo di materiali a basso costo, trattano campioni piccoli e spesso senza gruppi di controllo (Benitti, 2012; Khanlari, 2013; Mubin, Stevens, Shahid, Al Mahmud e Dong, 2013; Junior, Queiroz e de Lima, 2018; Jung e Won, 2018).

Oltre a ciò, nelle attività di robotica educativa è frequente che venga riservata un'eccessiva centralità al *coding*, alla programmazione (Catlin, 2019). La robotica è per sua natura interdisciplinare ed è più complessa del *coding*: da un lato incorpora la tecnologia dell'informazione e quindi il *coding*, da un altro, più in generale, ingloba le conoscenze relative alle discipline STEM: la conoscenza del mondo fisico e la capacità di interagire con questo attraverso strumenti tecnologici e ingegneristici tradizionali. Si rende quindi necessario anche lo sviluppo di specifiche abilità manuali, come, ad esempio, la capacità di realizzare accoppiamenti meccanici e connessioni elettriche ed elettroniche. In secondo luogo, in un approccio alla robotica educativa non si può trascurare l'aspetto metacognitivo (Brown e Deloach, 1978; Gascoine, Higgins, e Wall, 2017) e, di conseguenza, le attività didattiche devono prevedere una attività di riflessione sull'esperienza concreta con l'artefatto robot.

Un ulteriore elemento critico è costituito dagli insegnanti i quali, se non opportunamente formati, non si sentono pronti ad essere coinvolti in queste attività sia in termini di competenze tecniche sia di capacità pedagogiche specifiche, fatto questo che si traduce in una riduzione dell'efficacia dei loro interventi (Castro *et al.*, 2018). Inoltre, come abbiamo potuto verificare nella nostra esperienza sul campo nell'attuale sistema educativo coloro che vengono coinvolti in interventi di robotica, magari dall'esterno, non hanno alcuna esperienza né conoscenza di didattica e viceversa, coloro che hanno competenze didattiche ed educative non hanno familiarità con gli strumenti robotici.

La nostra ipotesi è che manchi un ponte tra i due mondi e di conseguenza gli interventi didattici con la robotica nella maggior parte dei casi da noi vissuti mancano di una vera e propria competenza integrata tra i vari attori impegnati a vari livelli nella progettazione e realizzazione delle attività di robotica educativa.

Non stupisce perciò che tali attività spesso rischino di mancare di efficacia. La complessità strutturale della robotica è a nostro avviso resa ancora più pesante da dipanare e da gestire dalla fondamentale mancanza di un'efficace mediazione culturale da un lato tra competenze educative ed esperienze e, dall'altro, tra conoscenze e competenze di robotica a livello scientifico. Infine, queste tecnologie, il cui effetto nell'amplificazione delle funzioni cognitive di base è stato dimostrato da vari autori, sollevano anche questioni etiche ed estetiche, toccando la sfera del benessere e l'idea di semplificazione del quotidiano, ma non solo (Bostrom e Sandberg, 2009).
Si rende quindi necessario ampliare l'interdisciplinarietà dell'approccio includendo le scienze umane (ad esempio la linguistica) e le scienze sociali (scienze della comunicazione, sociologia e psicologia).

3. Conclusioni

Da quanto affermato, risulta evidente che l'ambito della robotica educativa presenta la necessità di essere ripensato strutturalmente e riprogettato. I limiti che noi abbiamo individuato nelle nostre ricerche e quelli che sono emersi dall'analisi strutturale e progettuale delle attuali pratiche di robotica educativa possono essere superati con una serie di azioni.

Anzitutto, è auspicabile incorporare nei progetti di robotica educativa elementi di robotica sociale, immaginando uno sviluppo futuro della robotica educativa come *robotica sociale educativa*.
Cioè utilizzare come strumenti di apprendimento non robot da costruire o semplicemente da usare (del tipo a. o b.), ma robot sociali con cui sia possibile avere un'interazione interpersonale e comunicativo. In secondo luogo, la robotica sociale educativa dovrebbe porsi come strumento per comprendere e fare comprendere anche l'ampio processo di robotizzazione che investe la società.

La comunità scientifica è sicuramente attiva nel lavoro di comprensione dell'efficacia e dei limiti della robotica educativa, degli attuali strumenti e formazione nonché consapevolezza dei docenti (Castro *et al.*, 2018). Ma è importante anche porre l'accento sulle attività metacognitive (consapevolezza epistemologica), sul porsi obiettivi, riconoscere discrepanze tra gli obiettivi e le proprie attuali abilità, controllare in modo continuo e accurato il comportamento nell'atto di apprendere da parte degli studenti ma anche da parte degli insegnanti stessi. In queste attività di riflessione è sicuramente possibile volgere l'attenzione degli studenti anche alle domande che ci siamo posti guardando ai processi di automazione e robotizzazione della società in modo critico.

Questo passaggio va costruito a livello di progettazione, disegnando un intervento che preveda anche la mediazione delle scienze sociali di modo che si possa ridisegnare il quadro teorico della robotica educativa al fine di costruire i cittadini di domani, pienamente consapevoli del significato socio-politico dei processi di robotizzazione nella società e dotati degli strumenti fondamentali necessari per governare questi processi. Solo così la scuola sarà in grado di aiutare gli studenti a dare un senso a questo fenomeno, fornendo loro strumenti fondamentali per interpretare la realtà in cui vivono. È fondamentale che gli studenti capiscano e discutano su quali siano le conseguenze sociali della crescente automazione e robotizzazione cui la società è soggetta.

Chi guadagna (e cosa) da questi processi che influenzano il mondo del lavoro, della riproduzione sociale e la sfera domestica? Cosa possono fare le giovani generazioni per affrontare al meglio questi fenomeni? Quale può essere il valore dell'apprendimento della robotica per comprendere la robotica sociale? Solo a partire da un approccio di questo tipo, la robotica educativa sarà in grado di insegnare agli alunni e agli studenti non solo le abilità tecniche per interagire con un robot, ma anche il valore aggiunto di imparare a dare un senso ai processi di automazione e robotizzazione che stanno avvenendo a pieno ritmo nella società.

Dunque, per superare il modello riduttivo di formazione che oggi applichiamo, è necessario fornire agli studenti anche una solida preparazione umanistico-sociale. Aristotele, per esempio, nella sua *Metafisica* (983a14) dichiarava di amare i *thaumata* (τ□ν θαυμάτων τα□τόματα, "marionette automatiche"), per la loro capacità di sorprendere intellettualmente e di stimolare questioni teoriche (rip. in Fortunati, 2013). I robot sociali infatti stimolano domande importanti su chi siamo come essere umani e su come funzionano, ad esempio, il nostro cervello e le nostre emozioni ma anche sul modello di società che vogliamo costruire con la robotica industriale e sociale.
D'altra parte, l'attuale riflessione sugli artefatti digitali ci mostra che essi non sono più i mediatori tra noi e il mondo, in quanto hanno inglobato il mondo e sono l'altro con cui noi interagiamo (Rivoltella e Rossi, 2019, pp. 81-82).

Riferimenti bibliografici

Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, *6*, pp. 63-71.

Benitti, F.B.V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, *58*, pp. 978-988.

Bostrom, N., Sandberg, A. (2009). Cognitive enhancement: methods, ethics, regulatory challenges. *Science and engineering ethics*, *15*, pp. 311-341.

Brown, A.L., Deloach J.S. (1978). Skills, plans, and self-regulation. In R.S. Siegler (a cura di) *Children's thinking: What develops?* Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 3-35.

Bunz, M., Meikle, G. (2018). *The internet of things*. Cambridge: Polity Press.
Castro, E., Cecchi, F., Salvini, P., Valente, M., Buselli, E., Menichetti, L., Calvani, A., Dario, P. (2018). Design and impact of a teacher training course, and attitude change concerning educational robotics. *International Journal of Social Robotics*, *10*, pp. 669-685.

Catlin, D. (2019). Beyond Coding: Back to the Future with Education Robot. In L. Daniela (a cura di) *Smart Learning with Educational Robotics: Using Robots to Scaffold Learning Outcomes*. Cham: Springer Nature Switzerland, pp. 1-41.

Catlin D., Kandlhofer M., Cabibihan J.-J., Angel-Fernandez J., Holmquist S., and Csizmadia A.P. (2019). EduRobot Taxonomy. In L. Daniela (a cura di) *Smart Learning with Educational Robotics: Using Robots to Scaffold Learning Outcomes*. Cham: Springer Nature Switzerland, pp. 333-338.

Commissione Europea (2018). *Raccomandazione del Consiglio relativa alle competenze chiave per l'apprendimento permanente*. Documento N. ST/9009/2018/INIT, https://eurlex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri = CELEX:32018H0604(01)&from = IT (ultima consultazione 28/12/2019).

Csikszentmihalyi, M. (1997). *Finding flow: The psychology of engagement with everyday life*. New York: Basic Books.

Datteri, E., Zecca, L. (2016). The game of science: an experiment in synthetic roboethology with primary school children. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, *23*, pp. 24-29.

Eisenberg, M., Buechley, L., Elumeze, N. (2004). Computation and Construction Kits: Toward the Next Generation of Tangible Building Media for Children. In Kinshuk, D.G. Sampson, P.T. Isaías (a cura di) Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA'04). *Proceedings of the IADIS International Conference*, Lisbon, Portugal, 15-17 December 2004, pp. 423-426.

Fortunati, L. (2013). Afterword: robot conceptualizations between continuity and innovation. *intervalla: platform for intellectual exchange*, *1*, "Social Robots and Emotion: Transcending the Boundaries between Humans and ICTs", pp. 116-129.

Fortunati, L. (2018). Robotization and the Domestic Sphere. *New Media & Society*, *20*, pp. 2673-2690.

Fortunati, L., Esposito, A., Ferrin, G., Viel, M. (2014). Approaching social robots through playfulness and doing-it-yourself: children in action. *Cognitive Computation*, *6*, pp. 789-801.

Fortunati, L., Esposito, A., Sarrica, M., Ferrin, G. (2015). Children's knowledge and imaginary about robots. *International Journal of Social Robotics*, *7*, pp. 685-695.

Fortunati L., Manganelli A., Ferrin G. (in via di pubblicazione). *Craft and artistic robots or LEGO Mindstorms robots? A comparative study in educational robotics*.

Fortunati, L., Manganelli, AM., Höflich, J., Ferrin, G. (2019). Is Sophia challenging the uncanny valley theory? Paper presentato alla 10a Edizione del *ForItAAL - Forum Italiano*

Ambient Assisted Living. 19-21 giugno, 2019, Ancona. Gascoine, L., Higgins, S., Wall, K. (2017). The assessment of metacognition in children aged 4-16 years: a systematic review. *Review of Education*, *5*, pp. 3-57.

Jung, S.E., Won, E.S. (2018). Systematic review of research trends in robotics education for young children. *Sustainability*, *10*, pp. 1-24.

Junior, J.E.B., Queiroz, P.G.G., de Lima, R.W. (2018). A study of the publications of educational robotics: A Systematic Review of Literature. *IEEE Latin America Transactions*, *16*, pp. 1193-1199.

Khanlari A. (2013). Effects of educational robots on learning STEM and on students' attitude toward STEM. In *2013 IEEE 5th Conference on Engineering Education (ICEED)*, IEEE, pp. 62-66.

Mascheroni, G., Holloway, D. (2019). Introducing the Internet of Toys. In G. Mascheroni e D. Holloway (a cura di), *The Internet of Toys Practices, Affordances and the Political Economy of Children's Smart Play*, London: Palgrave Macmillan, pp. 1-22.

Matarić, M.J. (2004). Robotics education for all ages. In *Proceedings of the AAAI Spring Symposium on Accessible, Hands-on AI and Robotics Education*, https://www.aaai.org/PapersSymposia/Spring/2004/SS-04-01/SS04-01-004.pdf (ultima consultazione 27/12/2019).

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 *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Denver, CO, pp. 5197-5207.

Moscovici, S. (1961). *La psychanalyse, son image et son public*. Paris: PUF.
Mubin O., Stevens C., Shahid S., Al Mahmud A., Dong J.J. (2013). A review of the applicability of robots in education, *Technology for Education and Learning*, *1*, pp. 1-7.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.

Papert, S., Harel, I. (1991). Situating constructionism. *Constructionism*, *36*, pp. 1-11.

Piaget, J. (1973). *To understand is to invent: the future of education*. New York: Grossman.
Rivoltella, P.C., Rossi, P.G. (2019).
Il corpo e la macchina. Tecnologia, cultura, educazione. Brescia: Scholè.

Scaradozzi D., Screpanti L., Cesaretti L. (2019). Towards a Definition of Educational Robotics: A Classification of Tools, Experiences and Assessments.
In L. Daniela (a cura di) *Smart Learning with Educational Robotics: Using Robots to Scaffold Learning Outcomes*. Cham: Springer Nature Switzerland, pp. 63-92.

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*, pp. 78-95.

van den Berghe, R., Verhagen, J., Oudgenoeg-Paz, O., van der Ven, S. Leseman, P. (2019). Social Robots for Language Learning: A Review. *Review of Educational Research*, *89*, pp. 259-295.