

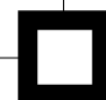
Editoriale

Metodi e tecnologie per l'uso educativo e didattico dei robot

L'espressione "robotica educativa" – traduzione dell'inglese "educational robotics" – viene generalmente utilizzata per indicare l'utilizzo di robot come strumenti mediatori di apprendimenti disciplinari e di competenze trasversali in contesti scolastici o extra-scolastici.

Alla voce "Tecnologia" delle Indicazioni Nazionali per il Curricolo (2012) viene indicata la capacità di utilizzare robot tra gli obiettivi di apprendimento al termine della classe terza della scuola secondaria di secondo grado in riferimento alla dimensione "intervenire, trasformare e produrre": "Programmare ambienti informatici e elaborare semplici istruzioni per controllare il comportamento di un robot." Inoltre il recente documento "Indicazioni Nazionali e nuovi scenari" (febbraio 2018) propone una rilettura dei traguardi di competenza del curriculum alla luce delle competenze di cittadinanza [1] e cita tra gli strumenti culturali per la cittadinanza "il pensiero computazionale". La definizione di tale costrutto, che ha dato luogo a numerose esperienze ma poche ricerche empiriche [2], si focalizza sul processo logico di costruzione di una strategia di pianificazione tramite metodi specifici per la risoluzione di problemi. In particolare si sottolinea che "l'educazione ad agire consapevolmente tale strategia consente di apprendere ad affrontare le situazioni in modo analitico, scomponendole nei vari aspetti che le caratterizzano e pianificando per ognuno le soluzioni più idonee. Tali strategie sono indispensabili nella programmazione dei computer, dei robot, che hanno bisogno di istruzioni precise e strutturate per svolgere i compiti richiesti." L'accento sul concetto di consapevolezza lascia intendere l'invito ad un approccio metacognitivo anche nella didattica con l'uso di robot.

I robot costruiti a scopo educativo, al contrario di quelli destinati ad applicazioni industriali o di servizio, sono naturalmente manipolabili in completa sicurezza anche da bambini molto piccoli. Sono sensorizzati: molti di loro includono



sensori di prossimità, di contatto, di suono, di luce e di accelerazione. Possono assumere la forma di veicoli su ruote o forma insettoide, animaloide o umanoide (come il robot NAO, dotato di gambe e braccia e alto circa 60 cm). In alcuni casi, come nel kit LEGO Mindstorms, la loro struttura fisica può essere modificata o assemblata a partire da “mattoncini” strutturali e da elementi che incorporano sensori e attuatori. Sono programmabili attraverso linguaggi di programmazione procedurali o a eventi, determinando come il robot si comporterà nel proprio ambiente anche in relazione agli stimoli sensoriali. L’uso di linguaggi di programmazione visuale – come Scratch o Blockly – indirizza fortemente verso la composizione di programmi sintatticamente corretti, permettendo all’utente di concentrarsi sulle difficoltà “logiche” collegate alla programmazione e di preoccuparsi di meno di quelle sintattiche. La programmazione di alcuni di essi è alla portata di studenti di Scuola Primaria o di età ancora inferiore. Un posto a parte meritano i robot programmabili attraverso la pressione di pulsanti presenti sul telaio, come i sistemi Bee-Bot e Blue-Bot, e i sistemi di robotica modulare il cui comportamento è determinato dal modo in cui i vari componenti sono assemblati e collegati tra di loro, come i sistemi littleBits e Cubelets. Sono utilizzati a fini didattici anche robot costruiti a partire dalle celebri schede Arduino e Raspberry PI, il cui uso impone però difficoltà tecniche di un certo rilievo.

Le attività generalmente proposte agli studenti, nei vari contesti di uso didattico di questi oggetti, coinvolgono la realizzazione e la sperimentazione di programmi che permettono al robot di reagire in modi desiderati agli stimoli sensoriali, nonché, in alcuni casi, la costruzione fisica del robot stesso. Talvolta il fine è quello di partecipare a gare nazionali o internazionali in cui intere classi si confrontano nella programmazione di robot in grado di portare a termine certi compiti, come giocare partite di calcio, uscire da un labirinto, trasportare oggetti o risolvere problemi di varia natura. In altri casi l’attività di costruzione e programmazione è più creativamente mirata all’invenzione di robot che manifestino particolari forme di comportamento. Basta un veloce sguardo sulle esperienze di robotica educativa svolte in Italia e nel resto del mondo da parte di insegnanti di Scuole dell’Infanzia, Primarie e Secondarie per rivelare una straordinaria varietà di orientamenti didattici [3]. In alcuni casi è l’insegnante a decidere le caratteristiche del robot da costruire; in altri casi l’obiettivo è scelto dagli studenti. In alcuni casi l’insegnante fornisce supporto esperto risolvendo i problemi di costruzione e programmazione posti dagli studenti (ciò avviene spesso quando il fine ultimo è la partecipazione a una gara, che richiede alla classe di giungere in breve tempo a un robot performante); in altri casi il ruolo dell’insegnante è quello di facilitare il ragionamento e la scoperta autonoma degli studenti.

Dal 2013, a seguito dell’iniziativa The Hour of Code promossa dall’amministrazione Obama, l’Europa ha finanziato progetti scolastici con l’obiettivo di promuovere sia la formazione degli insegnanti sia la realizzazione di curricula *ad hoc*. In Italia la legge 107/2015 ha espressamente indicato la

necessità di integrare esperienze computazionali e di programmazione dando una forma istituzionale a diverse iniziative tra cui “Programma il futuro”, nato nel settembre 2014 (<https://programmmailfuturo.it/>) dalla collaborazione tra MIUR e CINI (Consorzio Interuniversitario Nazionale per l’Informatica).

Perché proporre agli studenti attività di costruzione e programmazione robotica? Programmare, in un certo senso, significa utilizzare dei mattoncini virtuali – istruzioni come “vai avanti per 15 cm” o strutture di controllo come “se una certa condizione si verifica, allora fai qualcosa; altrimenti fai qualcos’altro – per conferire un certo comportamento al robot. Significa dunque costruire qualcosa, e costruendo si impara: la robotica educativa si basa sull’assunzione secondo cui la costruzione e la programmazione robotica, sotto certe condizioni, possano “allenare” ragionamento e creatività nelle loro molteplici dimensioni legate all’osservazione, previsione, scoperta e spiegazione dei fenomeni e all’identificazione ed esecuzione di strategie per risolvere problemi di vario genere. Molti insegnanti, in aggiunta, ritengono che la costruzione e la programmazione robotica possano facilitare lo sviluppo di capacità e competenze di natura più disciplinare, soprattutto legate all’area scientifica, matematica e tecnologica. L’ampia diffusione di queste convinzioni spiega perché la robotica educativa, nata negli anni ‘60 del secolo scorso dall’allievo di Piaget Seymour Papert, inventore del LOGO [4], stia entrando sempre maggiormente nelle scuole italiane e di tutto il mondo.

Si tratta di convinzioni fondate?

Le applicazioni didattiche della robotica, in effetti, sollevano domande che si prestano a essere oggetti di ricerca interdisciplinare per la comunità accademica – molte delle quali vertono, in ultima analisi, sulle finalità e sulle metodologie di progettazione e valutazione di esperienze di questo tipo. Quali obiettivi di apprendimento possono essere raggiunti attraverso attività di costruzione e programmazione robotica? Quali caratteristiche dovrebbe avere un ambiente didattico che utilizza dispositivi robotici per promuovere apprendimento? Quali strategie possono guidare la progettazione di percorsi di robotica educativa funzionali al raggiungimento di tali obiettivi di apprendimento? Esistono altri tipi di attività robotiche che esulano dalla programmazione e costruzione? Porsi l’obiettivo di partecipare a una competizione robotica non rischia di rendere l’attività troppo prestazionale, mettendo in secondo piano l’attenzione ai processi di apprendimento e alle condizioni didattiche che ne consentono lo sviluppo? Quali caratteristiche dovrebbe possedere un robot per costituire un valido strumento didattico? In che modo l’interazione tra studenti e con gli adulti influisce sugli apprendimenti in tali ambienti? Quali modelli di formazione degli insegnanti e degli operatori sembrano essere i più efficaci? Le caratteristiche dell’interfaccia fanno la differenza, e in che modo? È sempre auspicabile che il robot utilizzato sia “facile” da costruire e programmare? Quali sono le implicazioni psicologiche dell’uso didattico dei robot in una società sempre più pervasa dalla tecnologia?

Sono domande difficili, che richiedono riflessione teorica e lavoro empirico. Si consideri anzitutto la questione sugli obiettivi di apprendimento. Spesso si afferma che la programmazione stimola il “pensiero computazionale”: ma cosa si intende, dopotutto, con questa espressione? Ecco una buona domanda per gli scienziati cognitivi, i filosofi della scienza e gli esperti di processi educativo-didattici che intendono studiarne la formazione e lo sviluppo in contesti scolastici ed extrascolastici. Che non sia sufficiente introdurre un robot in classe per determinare l’apprendimento di chissà quali capacità e competenze è stato messo ampiamente in luce dalla letteratura internazionale. Lo svolgimento di attività di robotica educativa può addirittura accompagnarsi a un peggioramento relativamente a certi indicatori di apprendimento e comunque ha effetti positivi solo a certe condizioni [5], e la promozione di capacità metacognitive richiede modalità di intervento particolari da parte dell’insegnante [6]. In un’epoca caratterizzata da un grande e positivo entusiasmo nei confronti delle potenzialità offerte dalle nuove tecnologie per la didattica, è particolarmente importante intraprendere percorsi di ricerca teorica ed empirica che analizzino con spirito critico la fondatezza di tali potenzialità.

La comunità di ricerca internazionale si sta impegnando in questo obiettivo. All’interno di questa comunità si muove anche il neonato RobotiCSS Lab (Laboratorio di Robotica per le Scienze Cognitive e Sociali) del Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione dell’Università degli Studi di Milano-Bicocca, un esempio positivo di interazione virtuosa tra ricercatori di area filosofico-pedagogica e scientifico-tecnologica. Il Dipartimento, nell’ambito dell’Educational Robotics Week 2017, ha organizzato un Convegno nazionale dal titolo “Giocare a pensare. Metodi e tecnologie per l’uso educativo e didattico dei robot” (Università degli Studi di Milano-Bicocca, 20 Maggio 2017) con il patrocinio della Rete di Scuole Amicorobot di Milano, dell’Associazione Metaintelligenze Onlus, del Dipartimento di Scienze Psicologiche, Pedagogiche e della Formazione dell’Università degli Studi di Palermo, del Centro Interdipartimentale di Tecnologie della Conoscenza dell’Università degli Studi di Palermo, dell’Associazione Yunik aps, della Rete di Reti di scuole per la Robotica educativa “Robocup Jr ITALIA”, e con l’adesione del Dipartimento di Scienze Matematiche, Informatiche e Fisiche dell’Università degli Studi di Udine. Questo numero speciale di “Mondo Digitale” raccoglie alcuni contributi presentati a tale Convegno.

L’articolo dal titolo “Robot attorno a noi: dove sono, cosa fanno, cosa faranno?” di Andrea Bonarini (Politecnico di Milano) presenta una rassegna dello stato della robotica ad oggi e dei suoi sviluppi in un futuro prossimo, discutendo alcune implicazioni sociali ed etiche che stanno emergendo di conseguenza.

Alcuni contributi descrivono importanti iniziative progettuali a larga scala realizzate negli ultimi anni in Italia. “Il progetto eCraft2Learn: Fabbricazione Digitale e Movimento dei Maker in ambito educativo”, di Francesca Agatolio, Emanuele Menegatti e Michele Moro (Università di Padova) presenta il progetto

europeo eCraft2Learn, nato per promuovere l'interesse degli studenti di 13-17 anni verso le materie STEAM. L'obiettivo del progetto è la progettazione, la creazione e la validazione di un ecosistema che integri queste tecnologie al fine di supportare la costruzione di artefatti digitali all'interno di una cornice metodologica basata sulla prospettiva costruzionista e ispirata al movimento dei maker. Il contributo dal titolo "Laboratori di robotica ed educazione tecnologica contestualizzata", di Paola Mengoli e Margherita Russo (Università di Modena e Reggio Emilia) descrive i laboratori di robotica di Officina Emilia realizzati tra il 2009 e il 2013, presentandone i metodi e i risultati, con un fuoco particolare sulle modalità di coinvolgimento degli studenti, dei loro docenti e delle scuole.

Altri contributi descrivono attività di ricerca empirica volte all'analisi di specifiche domande di ricerca di carattere scientifico e metodologico. L'articolo dal titolo "L'uso ludico-didattico dei robot in pediatria. Una ricerca esplorativa sul benessere dei bambini ricoverati", di Marco Castiglioni, Giulia Zappa e Alessandro Pepe (Università degli Studi di Milano-Bicocca) valuta l'impatto psicologico di un intervento ludico-didattico svolto presso un reparto di pediatria per degenze brevi. Il contributo "Introduzione della robotica in attività di problem solving nella scuola primaria. Analisi dei livelli di focalizzazione sugli scopi del problema" di Andrea Garavaglia, Livia Petti, Emiliana Murgia, Francesca Bassi e Samantha Lisa Maranesi (Università degli Studi di Milano-Bicocca e Istituto Comprensivo "Antonio Stoppani", Milano) presenta un'analisi dei livelli di focalizzazione sul problema principale proposto dall'insegnante in un'esperienza di primo utilizzo della robotica in Scuola Primaria. L'articolo dal titolo "I bambini e la robo-etologia: riflessioni epistemologiche sugli stili di spiegazione del comportamento dei robot" di Giovanna Di Maio, Emiliana Murgia ed Edoardo Datteri (Università degli Studi di Milano-Bicocca e Istituto Comprensivo "Antonio Stoppani", Milano) presenta una tassonomia di stili di spiegazione adottati dai bambini di Scuola Primaria durante una particolare attività di osservazione del comportamento di un robot pre-programmato. Il contributo "Robotica e incremento di abilità visuo-spaziali in bambini con disabilità motoria nella scuola dell'infanzia" di Valentina Pennazio (Università di Macerata) presenta un'attività di ricerca, realizzata in alcune scuole dell'Infanzia della Liguria, sull'impiego della robotica per ridurre le difficoltà visuo-spaziali tipiche dei bambini con grave disabilità motoria.

Infine, il contributo dal titolo "CoderBot: un robot didattico open source" di Roberto Previtera presenta un robot *open source* per uso didattico caratterizzato da particolare flessibilità di utilizzo e facilità di programmazione, descrivendone il percorso di sviluppo e le potenzialità.

Così scriveva a proposito del LOGO il pedagogista Henry J. Becker in un articolo del lontano 1987 [7]:

"Grazie, Seymour Papert, per avere inventato il LOGO. Penso che usarlo sia davvero stimolante dal punto di vista intellettuale. Ma il LOGO, l'apprendimento per scoperta, e le molte (più concrete) proposte che richiamano

questi concetti devono essere trattate con gli stessi standard con cui trattiamo qualsiasi altra ipotesi sulle cause dei fenomeni e sui loro effetti. Se la teoria permette di formulare conseguenze valutabili per quanto riguarda i bambini di età scolare nelle loro classi, valutiamole dunque variando sistematicamente i contesti sperimentali prima di andare in giro per il mondo a fare opera di proselitismo sui vantaggi del LOGO".

Sostituendo "LOGO" con "robotica educativa" si ottiene un messaggio di grande attualità: gli articoli raccolti in questo numero speciale si propongono di offrire spunti interessanti per l'analisi critica delle potenzialità e dei limiti di utilizzo delle nuove tecnologie robotiche per la didattica.

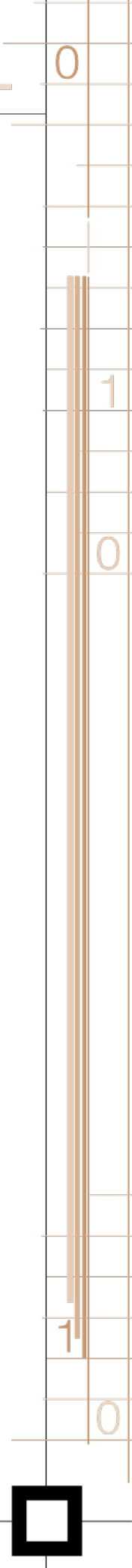
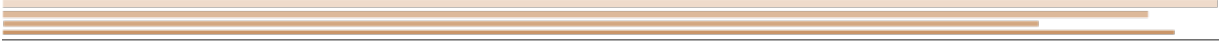
Edoardo Datteri, Luisa Zecca

Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione "R. Massa"

Università degli Studi di Milano-Bicocca

Bibliografia

- [1] Barrett, M. D., *Competences for Democratic Culture: Living together as equals in culturally diverse democratic societies*. Council of Europe Publishing, 2016.
- [2] Grover, S., & Pea, R., "Computational thinking in K-12: A review of the state of the field" *Educational Researcher*, vol.42(1), pp. 38-43, 2013
- [3] L. Zecca and E. Datteri, "I robot nella Scuola Secondaria di Primo Grado: un'analisi degli stili di conduzione degli insegnanti," *PEDAGOGIKA.IT*, vol. 21, no. 1, pp. 64-72, 2017.
- [4] S. Papert, *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: Basic Books, 1980.
- [5] J. Lindh and T. Holgersson, "Does lego training stimulate pupils' ability to solve logical problems?," *Comput. Educ.*, vol. 49, pp. 1097-1111, 2007.
- [6] S. Atmatzidou, S. Demetriadis, and P. Nika, "How Does the Degree of Guidance Support Students' Metacognitive and Problem Solving Skills in Educational Robotics?," *J. Sci. Educ. Technol.*, pp. 1-16, 2017.
- [7] H. J. Becker, "The Importance of a Methodology That Maximizes Falsifiability: Its Applicability to Research About Logo," *Educ. Res.*, vol. 16, no. 5, pp. 11-16, 1987.



Robot attorno a noi: dove sono, cosa fanno, cosa faranno?

A. Bonarini

Sommario

Stiamo assistendo all'invasione silenziosa dei robot nella vita di tutti i giorni. Dall'originale impiego in fabbrica, i robot vedono ormai una crescita esponenziale al di fuori dell'ambito della produzione industriale. È importante quindi capire come fa un robot autonomo a svolgere il proprio compito, quali sono le possibilità reali di applicazione in questo momento, e quali potranno essere in un prossimo futuro. Presentiamo una rapida rassegna dello stato della robotica ad oggi, e degli sviluppi in un futuro prossimo. Infine, mostriamo alcune implicazioni sociali ed etiche che stanno emergendo di conseguenza.

Abstract

We are witnessing the silent invasion of robots in everyday's life. From the original use in the factory, the robots diffusion is now growing exponentially outside the scope of industrial production. It is therefore important to understand how an autonomous robot can carry out its task, what are the real possibilities of application at this time, and which ones will be possible in a near future. We present a quick review of the state of the robotics to date, and developments in the near future. Finally, we show some social and ethical implications that are about to emerge.

Keywords: Autonomous robots, Social robots



1. Introduzione

Stiamo assistendo all'invasione silenziosa dei robot nella vita di tutti i giorni. Dall'originale impiego in fabbrica, i robot vedono ormai una crescita esponenziale con impieghi in molti settori professionali ed anche come beni di largo consumo come nel caso dei pulitori domestici o dei giocattoli. Se poi consideriamo che anche auto autonome, edifici intelligenti e molti oggetti tecnologici rispondono alla definizione ufficiale di robot, ci rendiamo conto come sia ormai inevitabile considerare la loro presenza nella vita di tutti i giorni. È importante quindi capire quali sono i componenti principali che permettono a un robot autonomo di svolgere il proprio compito, quali sono le possibilità di applicazioni reali in questo momento, spesso molto diverse da quelle presentate dai media, e quali potranno essere in un prossimo futuro. Presentiamo una rapida rassegna dello stato della robotica ad oggi, e delle possibilità in un futuro prossimo, lasciando alla fantascienza il futuro remoto. Infine, mostreremo alcune implicazioni sociali ed etiche che la diffusione dei robot nella vita di tutti i giorni sta facendo emergere.

È importante partire dalla definizione di robot data recentemente da autorevoli enti preposti alla definizione di standard (IEEE e ISO) e ripresa da una recente risoluzione del Parlamento europeo, che sostanzialmente convergono nel definire un robot come una macchina dotata di almeno due motori, con un certo grado di autonomia, che si muove nell'ambiente per svolgere dei compiti definiti. In questo contesto, il termine "autonomia", sul quale si possono aprire dibattiti molto articolati, è da interpretarsi come la capacità di svolgere i compiti definiti basandosi su uno stato interno e su quello che viene percepito, senza alcun intervento umano.

Questa definizione ci permette di escludere dal novero dei robot i programmi di intelligenza artificiale e di apprendimento automatico che non agiscono fisicamente sul mondo reale, anche se sono spesso inclusi dai media nella denominazione, ma di includere oggetti come le auto autonome, gli elettrodomestici intelligenti, gli edifici intelligenti, e molti altri che spesso non tendiamo a considerare robot, ma che con i robot condividono non solo le caratteristiche della definizione, ma anche molte delle tecnologie.

Nell'immaginario collettivo abbiamo sia robot reali come i manipolatori industriali, gli aspirapolveri domestici e i tagliaerba automatici, sia i robot dei film di fantascienza, spesso con capacità più che umane, sia quelli della tradizione giapponese dei cartoni animati, che spesso tendiamo a dimenticare che sono guidati da uomini. Ma qual'è la realtà, e come sono fatti i robot reali?

2. Com'è fatto un robot?

Un robot, seguendo la definizione, è sostanzialmente costituito da componenti che realizzano le tre funzionalità di base caratteristiche anche degli esseri viventi:

- *Sentire*: attraverso opportuni sensori il robot può percepire delle grandezze fisiche che sono tradotte nella stragrande maggioranza dei casi in grandezze elettriche elaborabili per ottenere una rappresentazione degli aspetti rilevanti dell'ambiente in cui opera, che chiamiamo *modello del mondo*.

- *Operare*: attraverso opportuni attuatori, di cui almeno due motori, il robot opera sull'ambiente. Spesso abbiamo la possibilità di muovere parti, muoversi nello spazio in vario modo, attraverso ruote, gambe, eliche, ed emettere altri segnali quali: suoni, più o meno complessi, dagli squittii come i robot dei film della serie Star Wars, a parole di senso compiuto, segnali luminosi, da semplici luci colorate, a scritte e contenuti visivi attraverso schermi.
- *Decidere*: sulla base del modello del mondo che riesce a costruirsi dai dati sensoriali, eventualmente memorizzati in opportune strutture di memoria, il robot decide cosa fare per perseguire (se è in grado di gestire esplicitamente degli obiettivi) o comunque realizzare lo scopo per cui è stato costruito.

Possiamo avere criticità in tutti questi aspetti, che determinano sostanzialmente le capacità del robot e le sue possibilità di applicazione.

Gli apparati sensoriali sono in genere abbastanza limitati rispetto a quelli a cui siamo abituati come esseri umani. Anche i sensori più complessi, come ad esempio le telecamere, consistono di un numero relativamente piccolo di elementi sensibili (milioni di sensori luminosi nel caso delle telecamere) e richiedono elaborazioni complesse per poter ricavare informazioni di carattere simbolico come il riconoscimento di una faccia, di un cartello stradale, o del movimento di un pallone. In questo processo di trasformazione dal segnale al simbolo possiamo avere problemi dovuti a segnali rumorosi, a quantità insufficiente di informazione, a difficoltà di traduzione, che portano necessariamente a considerare l'informazione ottenuta dai sensori come più o meno incerta, ed alla conseguente necessità di associare il dato simbolico ad attributi probabilistici o relativi ad approssimazione. Così, un robot può calcolare solo con una certa probabilità di essere in un certo posto, con un certa approssimazione, o può avere una certa probabilità di riconoscere un volto, o un sorriso su un volto, o la posizione di un oggetto da prendere.

I modelli di decisione devono spesso tenere in dovuto conto gli aspetti probabilistici che affliggono il modello del mondo su cui devono operare per fare delle scelte. Questo è meno critico in ambienti di produzione industriale, dove il robot opera in condizioni note, con un contesto che tende a non variare e ad essere estremamente controllato. Quando invece un robot si trova ad operare nel mondo non strutturato della vita quotidiana, come una strada, un ufficio, un'abitazione, o un terreno libero, si tende ad aumentare il numero di sensori per far fronte alle limitazioni di ognuno, possibilmente integrando le diverse informazioni (fusione multi-sensoriale) per migliorare il modello del mondo e ridurre la dispersione probabilistica.

In fase di attuazione, abbiamo le criticità dovute agli specifici attuatori, che, seppure controllati a dovere da opportuni sistemi di controllo automatico, devono comunque far fronte a possibili imprevisti che possono incontrare nel mondo reale: un terreno più scivoloso di quanto ci si aspetta, un colpo di vento improvviso che prende il drone inaspettatamente, un oggetto che cede sotto la pressione di una mano robotica. Opportuni sensori possono aiutare in qualche

misura a far fronte ad alcuni imprevisti che ci si può aspettare di incontrare, ma è difficile considerare a priori tutto quello che può capitare.

3. Dove sono i robot oggi?

A questo punto possiamo vedere come gli aspetti appena citati permettano di realizzare le applicazioni attuali.

3.1. I robot nella produzione industriale

Una frazione relativamente piccola del mercato dei robot riguarda i robot utilizzati nella *produzione industriale*. Si tratta di manipolatori, che permettono di produrre la maggior parte degli oggetti che usiamo ogni giorno, e di robot per il trasporto di materiale in fabbrica e nei magazzini (logistica). In questi casi, esistono delle normative precise che prevedono di escludere la coesistenza di robot e persone nello stesso ambiente, senza adeguate protezioni che impediscano eventuali contatti pericolosi. L'attività del robot si svolge quindi in ambienti in cui tutto è automatizzato e, salvo malfunzionamenti, si svolge in maniera deterministica. Questi robot sono programmati per svolgere indefinitamente sequenze di movimenti sempre uguali e sono costruiti per ridurre al minimo le variazioni da quanto predefinito.

Nei grandi *magazzini automatizzati* i robot, a volte anche in numero molto elevato, sono in grado di muoversi in un ambiente strutturato, guidati da un sistema centralizzato che stabilisce i percorsi e le attività di ognuno.

Lo sviluppo tecnologico sta però rendendo possibili ulteriori applicazioni anche in ambito industriale, in cui si può realizzare, ad esempio, il co-working, cioè situazioni in cui robot autonomi interagiscono direttamente con operatori umani, magari porgendo utensili o parti da assemblare. Questo richiede che il robot sia in grado di pianificare il movimento in modo da non entrare in contatto con la persona, e, qualora questo accadesse, percepire il contatto e fermare la propria azione. Inoltre, è importante avere una qualità di movimento che permetta di mantenere una relazione piacevole tra l'operatore e l'assistente robotico.

Per quanto riguarda la logistica, robot con sensoristica avanzata possono gestire magazzini con configurazione dinamica, in cui i materiali vengono organizzati a seconda di logiche particolari in configurazioni che possono cambiare nel tempo, e, in particolare, possono gestire l'attività critica di scaricamento e caricamento su treni e autotreni, che tipicamente sono organizzati in accordo alle forme e quantità del materiale da manipolare. In questo caso, è importante avere sensori che permettano il posizionamento preciso del robot e la sua auto-localizzazione.

3.2. Robot professionali fuori dalla fabbrica

Diversi robot sono usati per attività professionali al di fuori dell'ambiente strettamente produttivo. Ad esempio, esistono robot pulitori utilizzati per la pulizia di aerei e automezzi, robot mungitrici in grado di mungere automaticamente una mucca che si presenta al loro interno, robot per la pulizia di vetri di grattacieli o di grandi spazi come le stazioni ferroviarie o della metropolitana, robot per ispezione (ad esempio, delle fogne o degli edifici) e di

sorveglianza. In tutti questi casi, occorre avere una cura particolare nell'interazione con l'oggetto dell'attività, che deve poter esser percepito in maniera precisa ed affidabile, e sul quale non deve esser possibile eseguire operazioni non conformi alle aspettative, pena l'esclusione dal mercato.

Un'area applicativa con caratteristiche particolari è quella della robotica agricola, dove il robot è solitamente un veicolo che deve essere in grado di localizzarsi in modo abbastanza preciso, e relazionarsi in modo corretto con l'ambiente, sia esso un campo da seminare o da tagliare, o una vigna da trattare, o un frutteto dove cogliere frutta.

Altra area che sta rapidamente crescendo è quella della fornitura di informazioni in luoghi pubblici quali la portineria di un hotel, lo sportello bancario o il corridoio di un grande magazzino. In tutte queste situazioni il robot deve essere in grado di interagire in maniera esauriente e piacevole con la persona, possibilmente capendo quello che viene chiesto, e fornendo risposte adeguate, in modo opportuno e coerente con l'interlocutore. Questo è realizzabile, almeno in parte, grazie a un collegamento in rete a servizi che permettano sia il reperimento delle informazioni desiderate, sia la comprensione del linguaggio parlato, che richiede grande potenza di calcolo. Spesso l'interfaccia di ingresso al robot è supportata da uno schermo (touch screen), che permette di evitare le problematiche ancora significative che sono da affrontare per una buona interpretazione di quanto viene detto. Altro aspetto non trascurabile in questo tipo di applicazione è la forma del robot. In alcuni casi si è scelto di aver una forma astratta, magari simile a un cono o a un cilindro, anche nel tentativo di non dare la possibilità di fare un uso improprio del robot quale quello che capita che i bimbi facciano, arrampicandovici sopra. In altri casi, si è scelto di realizzare una forma umanoide, più o meno simile ad una persona reale. È ormai assodato che una forma umanoide contribuisce a rendere più attrattiva l'interazione, perchè l'interlocutore umano ritrova elementi noti, quali faccia, occhi e, possibilmente, gestualità, ma rendere un robot troppo simile a una persona crea una sensazione di paura che allontana la persona dal robot, probabilmente perchè si entra in una zona di incertezza in cui si capisce che quello che si ha davanti vorrebbe essere una persona senza riuscire ad esserlo.

Con la rapida diffusione di vendite via calcolatore, diventa sempre più rilevante il servizio di consegna a domicilio. Diverse soluzioni entreranno presto sul mercato per effettuare le consegne in modo automatico, sia via terra con piccoli veicoli autonomi possibilmente rilasciati da un veicolo magazzino, sia via aria, attraverso droni autonomi, già usati per la consegna in luoghi remoti quali isole e case lontano dai centri abitati.

In tutti i casi in cui occorre che si muova in ambiente non strutturato, il robot deve essere dotato di sensori, ad esempio, laser per misurare la distanza, GPS, se all'aperto, o strumenti analoghi all'interno di edifici, oppure telecamere, che permettano di costruire una mappa, mantenerla registrandone le modifiche, pianificare un percorso verso l'obiettivo, muoversi lungo il percorso previsto, affrontando eventuali imprevisti, quali persone o altri veicoli che si frapponessero sulla traiettoria pianificata. Nel caso di movimenti su terreno irregolare, occorre inoltre gestire l'irregolarità del terreno elaborando in maniera

opportuna i segnali di un insieme di sensori, ad esempio, sensori laser integrati con accelerometri per capire in che direzione punta il sensore.

3.3 Robot per il benessere

I robot trovano spazio in molte applicazioni che riguardano la salute delle persone.

Da diversi anni abbiamo robot per la chirurgia, completamente controllati da remoto dal chirurgo che si avvale del robot per avere una visione interna del campo operatorio, e per ottenere movimenti precisi, senza la necessità di praticare grossi tagli per accedere ad organi interni. In questo caso, il robot ha il compito di reagire prontamente ai movimenti del chirurgo, traducendoli in opportuni movimenti di elementi sul campo operativo, e di fornire feedback visivo ma anche aptico, di forza.

Altri robot sono usati per fornire protesi complesse, che possono sostituire o accompagnare (esoscheletri) gli arti. In questo caso, i segnali prodotti da muscoli con funzionalità residue sono elaborati per controllare il movimento di gambe, braccia, o mani robotiche. Gli esoscheletri sono usati per ora per lo più per riabilitazione, quando possibile, data la complessità nell'indossarli e la relativamente limitata autonomia.

È possibile anche realizzare carrozzine robotizzate, in grado di supportare persone non in grado di camminare e neanche di controllare una carrozzina con il tradizionale joy stick, sia per rendere sicuro e confortevole il movimento anche se il joy stick è usato in modo impreciso o scoordinato, sia per trasportare persone non in grado di muoversi, ma in grado di far sapere alla carrozzina dove vogliono andare. In questo caso, la carrozzina, dotata di sensori quali telecamere o misuratori di distanza laser, può avere la capacità di auto-localizzarsi nell'ambiente e di pianificare come raggiungere l'obiettivo indicato in piena autonomia, evitando eventuali ostacoli.

Grossi investimenti sono stati fatti, e verranno ancora fatti nel prossimo futuro, per realizzare robot che possano supportare persone anziane nella loro vita autonoma. Con l'invecchiamento della popolazione, un'assistenza si rende in molti casi necessaria e potrebbe essere fornita da un robot a domicilio risparmiando una costosa e debilitante ospedalizzazione. Su questo fronte, i robot attuali sono ancora largamente inadeguati in quanto non ancora capaci di coprire un insieme significativo di esigenze, dall'imboccamento, al prendere oggetti in posizioni difficili da raggiungere, quali lo scaffale di un mobile pensile da cucina.

Diversi robot sono usati in terapie per persone con disabilità fisiche o cognitive, come, ad esempio, bambini autistici. L'oggetto tecnologico ha un fascino particolare per tutti e soprattutto per questo tipo di persone e può rendere piacevole l'intervento di riabilitazione. In particolare, in presenza di problemi comportamentali, il robot può diventare un interlocutore le cui reazioni possono essere note a priori (ad esempio, se lo abbraccio mostra di esser contento, se gli dò una botta si spaventa), e che non ha le caratteristiche dell'essere umano, che vengono male accettate. È pertanto possibile usare il robot come strumento terapeutico per abituare a costruire una relazione sociale, anche attraverso la

guida remota che trasforma il robot in una sorta di avatar per il terapeuta, che può così permettersi di attuare comportamenti che altrimenti non potrebbe esprimere perché incoerenti con il suo ruolo di terapeuta.

Possiamo considerare nella categoria dei robot per il benessere anche i robot per prestazioni sessuali, il cui mercato comincia a crescere. Si tratta di robot che estendono il concetto di bambola gonfiabile, aggiungendo suoni e movimento, al momento ancora entrambi di qualità relativamente bassa, e sensibilità al tocco di diversa qualità, oltre alla possibile comprensione del parlato e relativa risposta. Nel complesso, si tratta di sistemi in linea di principio molto complessi, che comunque stanno trovando spazio di mercato, anche se ancora lontani dalle aspettative, proprio considerando il basso livello qualitativo degli oggetti che andrebbero a sostituire.

3.4 Spazio e sicurezza

I robot usati nello spazio ed in altri ambienti ostili (ad esempio: vulcani, terreni difficili, ghiacci, mare profondo) devono essere progettati per poter operare in modo autonomo, svolgendo i propri compiti ed eventualmente riportando dati ad una stazione ricevente. Se l'ambiente è ostile, non occorre far fronte solo alle caratteristiche dell'ambiente, ad esempio alla configurazione del teatro delle operazioni, ma anche alla specifica ostilità (temperatura, radiazioni, ...), per cui si richiede quasi sempre una progettazione prudente e attenta, ed opportuni test con le macchine reali in condizioni operative.

I robot per applicazioni militari, solitamente tenuti sotto stretto controllo da operatori umani, devono avere le caratteristiche appena citate, e va considerato, nella loro progettazione, che in quest'applicazione, l'ostilità non è solo quella intrinseca all'ambiente (ad esempio un terreno sconnesso), ma può derivare da altre persone o robot sul campo che agiscono perseguendo obiettivi contrastanti quelli del robot.

3.5 Elettrodomestici e giocattoli

Milioni di robot entrano ogni anno nelle nostre case sotto forma di elettrodomestici e giocattoli. In entrambi i casi si tratta di oggetti relativamente semplici, dotati di sensori abbastanza economici e sufficienti a fornire le informazioni di base per selezionare comportamenti predefiniti. Devono essere oggetti in grado di garantire comunque una prestazione adeguata alle aspettative, dato che il numero di pezzi in gioco rende abbastanza critico ogni errore di progettazione o realizzazione.

Molti elettrodomestici hanno ormai acquisito l'attributo "smart" che ne qualifica una certa autonomia di decisione; ne sono esempi: la lavatrice che riconosce il tessuto che vi è stato inserito e sceglie il ciclo di lavaggio più opportuno, l'aspirapolvere che gira per casa e pulisce evitando ostacoli noti e imprevisti, il tagliaerba che percorre metodico il prato.

Nelle settimane immediatamente precedenti il Natale vengono venduti milioni di giocattoli sensorizzati e animati, che hanno ormai introdotto un nuovo modo di giocare. Dal gioco in cui il giocatore decide autonomamente cosa il giocattolo rappresenta e lo rende parte dell'attività immaginativa completamente sotto

controllo, al gioco di relazione con un giocattolo in grado di rispondere, a modo suo, non controllabile, a stimoli che il giocatore è in grado di fornire. Questo tipo di giocattoli si sta evolvendo da semplici pupazzi che possono esprimere apprezzamento per del “cibo” o una carezza, a sistemi sempre più complessi, in grado di rispondere anche in linguaggio naturale a domande espresse in linguaggio naturale, grazie a una connessione in rete a servizi di comprensione del linguaggio naturale.

3.6 Veicoli autonomi

Da più di 15 anni i costruttori di automobili stanno lavorando alla realizzazione di sistemi che permettano di effettuare una guida automatica, liberando così le persone dalla fatica e dallo stress di guidare. I problemi connessi si possono facilmente immaginare: non è molto facile neanche per noi riconoscere un cartello stradale mentre andiamo a 100 Km/h, o evitare un animale che ci taglia la strada improvvisamente: cosa potrebbe fare un'auto? Si stanno sperimentando sempre nuovi sensori e nuove tecniche di integrazione e di costruzione di modelli che possano permettere di realizzare in modo affidabile un compito in cui il robot ha la responsabilità di vite umane, ma le prestazioni della tecnologia sono ancora insufficienti, e troppo costose da ottenere, per una diffusione di massa, a cui i costruttori tendono ad arrivare entro i prossimi 4-5 anni.

Oltre al problema di una corretta costruzione del modello del mondo in tempi estremamente brevi e garantiti (tempo reale), occorre considerare che un veicolo autonomo deve necessariamente comportarsi secondo le regole del codice della strada e non può non assumere che gli altri veicoli facciano lo stesso. Almeno per i primi anni, i veicoli autonomi divideranno la strada con veicoli guidati da guidatori umani, che notoriamente tendono a non seguire il codice della strada alla lettera, e si potranno verificare incidenti in cui le principali responsabilità saranno delle persone coinvolte, ma che probabilmente potrebbero essere evitati se alla guida dell'altro veicolo ci fosse una persona, ugualmente abituata a far fronte a regole non soddisfatte. Al momento, si stima comunque che un'auto con guida autonoma, in grado di seguire il codice della strada, abbia un tasso di incidenti molto più basso di quello di auto con guidatore a bordo, che potrebbe guidare anche in condizioni fisiche non ottimali, oltre che essere indisciplinato.

Tra le applicazioni più interessanti dei veicoli autonomi, oltre alla sostituzione di veicoli privati, la possibilità di avere flotte di auto disponibili come taxi senza guidatore in ambiente urbano e, soprattutto, camion senza guidatore in grado di trasportare merci in modo sicuro ed efficiente.

4. Questioni aperte

Diverse questioni devono essere considerate in relazione all'entrata dei robot nella società, in larga parte dovute alla qualità delle prestazioni offerte, che deve migliorare prima che i prodotti possano essere realmente interessanti per il mercato, ed in parte dovute all'autonomia che decidessimo di lasciare ai robot stessi.

4.1 Sicurezza

Poche persone potrebbero porre fiducia in un veicolo autonomo lanciato a 130 Km/h (o in una carrozzina per disabili, o in molti dei robot menzionati) senza avere evidenze sufficienti a favore della sicurezza personale. Dato che si tratta di operare nel mondo reale, questa evidenza può esser raccolta solo sperimentalmente, e, come detto, considerando gli aspetti probabilistici della stessa. C'è spesso la tendenza a richiedere a sistemi robotici prestazioni certe, impossibili da ottenere neanche con le alternative basate su operatori umani. Per altro, siamo abituati a oggetti automatici che operano in ambienti relativamente più semplici (si pensi solo ad aeroplani con pilota automatico, o ai treni senza guidatore) e che sono entrati nell'uso comune senza problemi.

In certe applicazioni, la pericolosità è relativamente bassa e si parla di sicurezza intrinseca: un aspirapolvere robotico casalingo può fare meno danni di un pallone. In altre, viene richiesta una certificazione, che può esser solo volta a garantire certe prestazioni in condizioni ben definite, come capita per tutti gli apparecchi. Per i robot, siamo nella fase di definizione delle procedure e delle norme di certificazione e i governi stanno per arrivare a definire quanto necessario per essere abilitati a immettere un robot sul mercato.

4.2 Privacy

Molti robot sono connessi in rete per ottenere servizi da sistemi di calcolo non disponibili a bordo. Da un lato, questo permette ai produttori di raccogliere dati per migliorare il prodotto stesso, ed eventualmente fare adattamenti in maniera automatica, come sta facendo una nota ditta di automobili che raccoglie dati su milioni di chilometri percorsi ogni giorno dalle proprie auto e la sera sintonizza le prestazioni del loro motore elettrico sulla base dei dati raccolti. Dall'altro lato, la connessione in rete permette di ottenere prestazioni interessanti, ad esempio permette a un robot di partecipare a una conversazione compiuta in linguaggio naturale.

La circolazione e la raccolta di dati personali aprono evidenti questioni di privacy. Chi fornisce il servizio e raccoglie i dati può usarli per sintetizzare un modello dell'utente utile per diverse attività, dalla pubblicità personalizzata, all'influenza sui comportamenti. Il problema non si pone solo con i robot, dato che ormai siamo abituati a condividere molte informazioni attraverso telefoni e computer, ma nel caso di robot il trasferimento dati diventa ancora meno visibile, nascosto nella necessità tecnologica di fornire un servizio. È recente il caso di una bambola in grado di parlare con l'utente grazie alla connessione in rete, in cui malintenzionati erano riusciti a introdursi nel traffico di rete e a sentire cosa le bambine dicevano alla bambola e possibilmente far parlare la bambola di conseguenza. Questo ha portato il governo tedesco a bandire la bambola stessa dal mercato e i costruttori di giocattoli a considerare molto attentamente la possibilità di porre giocattoli in rete.

In ambito giuridico, si sta anche pensando che, visto che i dati raccolti sono fonte di reddito per chi li raccoglie, vuoi per vendita diretta delle informazioni o per miglioramento del prodotto, l'utente presso cui vengono raccolti i dati avrebbe diritto a un compenso per la fornitura degli stessi. Al momento questo

non avviene per i dati forniti attraverso i social network, ma la questione è allo studio dei legislatori.

4.3 Apprendimento automatico

Data la complessità e la varietà delle situazioni che un robot deve affrontare nel mondo reale, non è sempre facile prevedere tutti i casi in fase di programmazione dello stesso. Si stanno quindi inserendo meccanismi di apprendimento ed adattamento automatico che permettano al robot di migliorare le proprie prestazioni nell'ambiente effettivo in cui si trova ad operare.

Esiste un'evidente criticità della fase di apprendimento: tutti sappiamo che "sbagliando si impara", ma si vorrebbe evitare che l'errore portasse a situazioni indesiderate, come nel caso in cui un'auto a guida autonoma ha proceduto a velocità sostenuta contro la parete posteriore di un camion senza riuscire a discriminarla dalla linea d'orizzonte. Si stanno sviluppando algoritmi e sistemi di apprendimento automatico che permettano di ridurre la parte di esplorazione delle alternative a quelle che possono soddisfare condizioni di sicurezza e prestazioni accettabili, possibilmente adattando soluzioni già apprese in simulazione su modelli dei sistemi necessariamente imperfetti e incompleti, ma che permettono di evitare di esplorare situazioni potenzialmente pericolose nelle prime fasi di apprendimento.

Un secondo aspetto critico per robot in grado di apprendere è relativo alla varietà di prestazioni che si vengono a generare. I singoli robot potrebbero adattarsi al meglio alle specifiche situazioni con cui vengono in contatto ed in poco tempo il prodotto si troverebbe ad essere diverso da come è uscito dalla fabbrica. Il produttore si troverebbe così a gestire un parco di macchine ognuna diversa dall'altra, con grande dispendio di energie nei servizi di assistenza e manutenzione. Questo tipo di situazione si è già verificato anni fa con l'immissione in mercato di elettrodomestici intelligenti, ed ha provocato un ripensamento sull'opportunità di dotare beni di largo consumo di capacità di apprendimento. È noto, ad esempio, il caso della lavatrice che impiegava ore a sciacquare semplicemente perché in grado di rilevare la quantità di sapone presente nell'acqua ed agire per ridurla sotto una data soglia: l'utente usava una quantità di sapone molto superiore a quella consigliata e la lavatrice faceva il lavoro per cui era stata programmata, adattandosi alla situazione, e provocando il malcontento dell'utente stessa e del servizio manutenzione.

Ulteriore considerazione da farsi rispetto all'apprendimento automatico nelle macchine e nei robot, riguarda il timore indotto dai media rispetto alla possibilità che i robot possano imparare a ribellarsi e intraprendere una guerra contro gli umani. Per il momento, il livello di apprendimento e gli strumenti a disposizione possono permettere ai robot solo di migliorare le proprie prestazioni, relativamente ai compiti per cui sono stati costruiti. Sono pur sempre delle macchine, costruite per rendere possibili, o più facili, certe operazioni, e possiamo sempre correggerne malfunzionamenti o al limite spegnerle. Certamente, come per ogni invenzione fatta dall'uomo, l'uso che ne facciamo è determinato dall'uomo stesso. Ad esempio, attualmente non è impossibile, ma

ancora troppo costoso, costruire eserciti di robot autonomi, e l'uso che se ne può fare dipende da chi ne ha il controllo.

4.4 Abitudini e cambiamenti sociali

Com'è successo con i social network e i videogiochi, è estremamente probabile che una diffusione di robot che possano cambiare il modo di svolgere attività comuni come guidare, giocare, aver compagnia, possano introdurre modifiche sia nelle abilità connesse (chi saprebbe più parcheggiare o affrontare un lungo viaggio, una volta abituati a veicoli a guida automatica?), sia le abitudini sociali e gli sviluppi personali che ne sono coinvolti. Giocare con un pupazzo che ha la capacità di rispondere in modo autonomo potrebbe limitare le capacità di generazione di fantasie autonome, ed in ultima analisi la capacità di sviluppo della creatività che nascono dall'attuale modalità di gioco in cui si inventano liberamente situazioni. Convivere, da anziano, con una macchina che cerca di essere sempre più utile nelle attività di tutti i giorni potrebbe portare a un isolamento rispetto a interlocutori in carne ed ossa, meno disponibili e meno pronti ad accettare le piccole manie di tutti i giorni. Le modifiche profonde del modo di vivere e rapportarsi con gli altri che oggi stiamo vivendo a causa della diffusione di social network e videogiochi, potrebbero veicolarsi in misura ancora maggiore con oggetti, come robot, che ci potrebbero affiancare nel mondo fisico delle attività quotidiane.

4.5 Emozioni

Nella relazione continuativa con un robot si reputa interessante che questi sia in grado di mostrare un certo grado di similitudine con i comportamenti che ci si aspetta da umani. Tra gli aspetti che caratterizzano queste interazioni c'è certamente la capacità di esprimere intenzioni, stati d'animo ed emozioni, tra l'altro in larga parte attraverso segnali non verbali come posture e movimenti. La ricerca, le esperienze mutate da altri settori come la produzione di cartoni animati e la burattineria, e la pratica, ad esempio nel mondo del giocattolo, hanno portato a sviluppare oggetti in grado di mostrare stati d'animo ed emozioni in modo affidabile e abbastanza riconoscibile. Questo porta ad una migliore interazione ed alla possibilità di instaurare un legame ancora più forte con il robot con cui si condividono esperienze piacevoli. Per il momento, mostrare stati d'animo ed emozioni deriva da semplici modelli mutuati dalla psicologia, e viene deciso di usare questa capacità spesso solo per complementare quanto si fa per raggiungere un obiettivo. Si sta pensando di dare allo stato emotivo un ruolo più importante, che guidi non solo il modo di comportarsi, ma anche le scelte e le prestazioni dei robot.

4.6 Diritti e responsabilità

Il nome "robot" nasce dal termine ceco usato nell'opera teatrale "I Robot Universali di Rossum" di Karel Čapek, dove i robot erano stati generati dagli uomini per lavorare al loro posto. Nel momento in cui i robot prendono coscienza della propria condizione di schiavi, si ribellano ed eliminano il genere umano, e con esso l'unica possibilità di sopravvivere essi stessi. La tragedia trova una sua motivazione e il successo nel periodo tra le due guerre mondiali, caratterizzato

da incertezza e pessimismo, ma questa origine del termine robot resta nell'immaginario collettivo alimentandone le paure.

Il termine "robotica" nasce più tardi, nel secondo dopoguerra, dai racconti di fantascienza di Isaac Asimov, che immagina i robot sottoposti per costruzione a leggi che stabiliscono che non devono danneggiare esseri umani, neanche con l'inazione, in subordine devono obbedir loro, ed in ulteriore subordine possono agire per salvaguardare la propria esistenza. Pur soggetti a leggi così definite, i robot dei racconti di Asimov si trovano in situazioni in cui è difficile o paradossale applicare le regole a cui sono soggetti. I robot di oggi sono ancora più arretrati di quelli immaginati allora e non riuscirebbero neanche a capire le regole stesse, anche qualora si potesse imporre ai costruttori di inserirle in tutti i robot.

In queste situazioni, all'origine dell'idea di robot, i robot sono esseri capaci di agire autonomamente, ma creati come esseri inferiori, per supportare la vita semplice e spensierata degli uomini. Oggi si comincia a pensare ai robot come esseri che, nel momento dovessero dimostrare completa autonomia, possano anche vantare dei diritti analoghi a quelli degli esseri umani. Ad esempio, vedere un robot umanoide, ancorché chiaramente meccanico, maltrattato dai propri costruttori, fosse anche solo per valutarne la robustezza, ha scatenato recentemente un'ondata di risentimento significativa nei confronti dei maltrattatori, a testimoniare quanto possiamo provare empatia nei confronti di certi robot e possiamo tendere a riconoscer loro dei diritti, quale quello di non subire maltrattamenti.

Certamente, nel partecipare ad attività sociali, i robot potrebbero trovarsi in situazioni in cui debbano avere anche dei doveri. Ad esempio, se un anziano affidasse a un robot la gestione delle scorte di cibo, questi si troverebbe a stipulare in autonomia dei contratti con i fornitori, ed avrebbe responsabilità degne di personalità giuridica.

In altre situazioni, i robot potrebbero dover rispondere di responsabilità come, ad esempio, nel caso del paradosso che si pone se un'auto autonoma dovesse trovarsi a decidere se evitare un passante che attraversa improvvisamente la strada mettendo a rischio la vita del passeggero. La responsabilità sarebbe del robot (in che senso?), del costruttore dello stesso, che l'ha programmato e progettato, o dell'utente che, magari addestrando il robot con le proprie guide, l'ha portato a fare quella scelta?

Questi problemi sono attualmente all'esame delle istituzioni, in preparazione del momento in cui si renderà necessario definire una regolamentazione, coscienti che spesso la legislazione arriva in ritardo rispetto alle nuove esigenze che si vanno creando. Si sta pensando ad una persona giuridica elettronica per gli aspetti contrattuali, ad assicurazioni e fondi di garanzia per le responsabilità civili, e ad altri strumenti che riconoscono ai robot un'essenza di carattere diverso di quella riconosciuta ad un'apparecchiatura.

5. Conclusioni

Abbiamo visto come i robot stiano entrando nella società moderna, quale ne siano le applicazioni attuali e dove li troveremo nel prossimo futuro. Abbiamo delineato alcune problematiche che potrebbero nascere dall'introduzione massiccia dei robot nella società, problematiche che dovranno essere affrontate nel momento in cui i robot autonomi, nelle loro varie forme, dovessero raggiungere il mercato di massa. Tutte le innovazioni sono foriere di cambiamenti più o meno forti nella società ed è importante affrontarle coscienti di cosa può succedere, per poter contribuire a guidare i cambiamenti nella direzione migliore, volta a migliorare la vita, piuttosto che a renderla più difficile. Come in ogni sistema complesso, ci si augura di giungere ad uno stato stabile e, dato che per il momento gli esseri umani hanno il controllo della situazione, che questo stato sia adeguato alle aspettative migliori che sorgono con l'introduzione dei robot nella vita di tutti i giorni.

Figure



Figura 1

Il robot TEO, sviluppato presso il Politecnico di Milano (AIRLab, I3Lab, Phy.co Lab) per supportare interventi su persone con disabilità cognitive. TEO è in grado di rilevare distanze, segnali di forza sul corpo e pressione dei bottoni presenti sul cappello e di reagire di conseguenza, anche mostrando reazioni emotive.



Figura 2

Veicolo autonomo fuoristrada, sviluppato presso il Politecnico di Milano (AIRLab e Merlin). È dotato di GPS, sensori laser di distanza, e telecamere per potersi localizzare in ambiente naturale, pianificare un percorso e operare per raggiungere l'obiettivo desiderato. È in grado di trasportare un drone, per il quale opera come base di supporto e ricarica. È stato sviluppato per azioni di ricognizione in ambienti naturali aperti e pericolosi, come nel caso di terremoti.



Figura 3

Roby wheelchair è una carrozzina ad autonomia condivisa sviluppata al Politecnico di Milano (AIRLab), in grado di autolocalizzarsi in un ambiente interno rispetto ad una mappa che può anche costruirsi autonomamente. La persona trasportata può guidarla con il tradizionale joystick affidandosi al sistema di controllo per farsi aiutare ad entrare in luoghi stretti e ad evitare di colpire persone, muri e mobili, oppure può indicare dove desidera che la carrozzina la porti, con diversi mezzi: da un touch screen, a lettori di attività miografica, fino a un'interfaccia computer-cervello (BCI) nel caso di impossibilità di un qualsiasi movimento.



Figura 4

E-2? è un robot per ambienti pubblici sviluppato al Politecnico di Milano (AIRLab) . È in grado di rilevare persone, avvicinarsi, proporre a voce dei testi predefiniti che descrivono un argomento, rilevare se la persona è interessata analizzandone le movenze posturali, ed eventualmente condurla in un luogo definito, come lo stand di una ditta in ambiente fieristico, o lo scaffale di un prodotto in un supermercato.

Biosketch

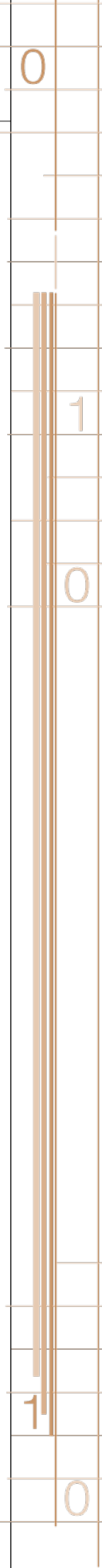
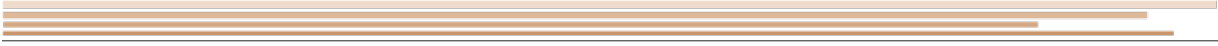


Andrea Bonarini è professore ordinario, Direttore del Dottorato in Ingegneria dell'Informazione presso il Dipartimento di Elettronica e Informazione del Politecnico di Milano e Coordinatore del Laboratorio di Intelligenza Artificiale e Robotica del Politecnico di Milano (AIRLab), presso il quale ha seguito più di 150 tesi di laurea, diverse tesi ERASMUS, tesi dell'Alta Scuola Politecnica e 14 tesi di dottorato che hanno portato, tra l'altro, allo sviluppo di più di 50 robot autonomi per applicazioni di servizio, di intrattenimento, didattiche e spaziali. È stato tra i fondatori dell'Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale (AI*IA) e dell'Italian Regional Interest Group del Neural Network Council dell'IEEE. Ha

partecipato per anni all'iniziativa internazionale Robocup, anche con compiti di organizzazione strategica (membro dell'executive committee dal 2002 al 2010). È rappresentante nazionale nella rete europea LUDI, su gioco e disabilità. Ha partecipato e coordinato numerosi progetti nazionali e internazionali, finanziati da EU, CNR, MURST, ASI e aziende pubbliche e private. Collabora da anni con docenti di scuole di diversi livelli per utilizzare robot nella formazione dei più giovani. I suoi interessi di ricerca si sono concentrati negli ultimi anni sull'interazione uomo-robot, ma includono anche l'interpretazione dati intelligente, lo sviluppo di robot autonomi (in particolare per servizio, edutainment, terapia, e intrattenimento), affective computing, apprendimento per rinforzo e sistemi fuzzy. Ha pubblicato più di 150 articoli in riviste internazionali, libri e atti di congressi internazionali.

URL: <http://www.deib.polimi.it/people/bonarini>

E-mail: andrea.bonarini@polimi.it



Il progetto eCraft2Learn: Fabbricazione Digitale e Movimento dei Maker in ambito educativo

F. Agatolio, E. Menegatti, M. Moro

Sommario

eCraft2Learn è un progetto europeo H2020 di due anni nato per promuovere l'interesse degli studenti di 13-17 anni verso le materie STEAM attraverso l'uso di tecnologie a basso costo, componenti elettroniche DIY e stampanti 3D. L'obiettivo principale del progetto è la progettazione, la creazione e la validazione di un ecosistema che integri queste tecnologie al fine di supportare la costruzione di artefatti digitali all'interno di una cornice metodologica basata sulla prospettiva costruzionista e ispirata al movimento dei maker. L'articolo contiene una descrizione delle premesse iniziali, del modello pedagogico adottato e alcuni dettagli riguardanti l'architettura dell'ecosistema.

Abstract

eCraft2Learn is a two years long H2020 European project aimed at exploiting low-cost ICT, do-it-yourself electronics and 3D printing as an effective approach to promote the interest of 13-17 years old students in STEAM. The main objective of the project is the design, prototyping and validation of an ecosystem integrating the mentioned technologies to support the construction of artefacts in a constructionist perspective following the maker movement principles. The paper presents an overview of the initial design premises, of the adopted pedagogical model and of some architectural details.

Keywords: Maker movement, Educational robotics, Digital fabrication, Constructionism, 3D printing



1. Introduzione

eCraft2Learn (<https://project.ecraft2learn.eu/>) è un progetto europeo finanziato nell'ambito dell'iniziativa H2020 e coinvolge università, centri di ricerca e aziende per un totale di 12 partner di 6 diversi paesi europei. Il progetto, della durata di due anni (gennaio 2017 – dicembre 2018), ha come destinatari finali insegnanti e studenti di età compresa tra i 13 e i 17 anni, e nasce dall'urgenza di supportare il sistema scolastico europeo nell'insegnamento delle STEAM (scienze, tecnologia, ingegneria, arte e matematica) e delle nuove competenze richieste dal mondo lavorativo attraverso la definizione e sperimentazione di una piattaforma unificata per l'utilizzo di tecnologie a basso costo a scopo educativo. L'esigenza fondamentale alla base di eCraft2Learn è quella di rendere la scuola partecipe dell'evoluzione che sta avvenendo nella società, fornendo le linee guida per un insegnamento nuovo e coerente con quanto richiesto dal mondo lavorativo che attende i nostri studenti. L'uso delle tecnologie, se significativo, può divenire il ponte di collegamento tra una scuola adeguata alla sfida e il futuro che si sta delineando.

L'ampio sviluppo e la diffusione delle tecnologie negli ultimi decenni hanno influenzato fortemente il nostro modo di vivere e lavorare [1], creando nuovi ruoli e ridefinendone altri già presenti. Questo fenomeno, in continua evoluzione, ha avuto e ha come naturale conseguenza l'individuazione di nuove competenze, le così dette competenze del 21° secolo, necessarie al completo sviluppo dell'individuo in una società in rapida evoluzione, e a predisporre robuste premesse per un ingresso senza deficit nel mondo produttivo.

Tra le principali competenze del 21° secolo troviamo la creatività, il pensiero critico, il pensiero computazionale, la capacità di filtrare le informazioni utili, la capacità collaborativa e quella comunicativa. Dede [2] afferma che le competenze legate alla rivoluzione tecnologica siano il risultato non solo della modificazione di alcune capacità "perenni", già richieste nei secoli precedenti, ma anche della comparsa di nuove capacità strettamente connesse alle caratteristiche dell'epoca in cui se ne manifesta la necessità, e per questo definite "contestuali". Un esempio di competenza "perenne" è la capacità collaborativa: pur essendo già ritenuta fondamentale in precedenza e nei più svariati contesti, nel 21° secolo acquisisce una forma diversa in seguito all'evoluzione del modo di comunicare stesso, ora facilitato e reso indipendente dalla locazione grazie ai moderni strumenti telematici. Una competenza "contestuale", legata all'avvento di Internet e quindi al modo di fare ricerca, è invece l'abilità di filtrare rapidamente grandi quantità di dati, selezionando tra quelli a disposizione solo i dati realmente necessari.

Il compito di insegnare e favorire lo sviluppo di tali competenze spetta in particolare alla scuola, che può farlo servendosi degli stessi strumenti che sono all'origine del cambiamento. Il potenziale delle ICT (Information and communication technologies) come strumento didattico si trova largamente descritto in letteratura: l'uso della robotica educativa, ad esempio, si è rivelato particolarmente adatto a supportare un tipo di apprendimento attivo, che coinvolge l'uso pensiero computazionale, la capacità di problem solving e il

lavoro di gruppo, facendo inoltre emergere connessioni interdisciplinari e con problematiche presenti nel mondo reale [3,4]. Le stesse istituzioni, riconoscendo l'impatto didattico legato all'uso di alcune tecnologie, ne stanno promuovendo la diffusione tramite progetti di ricerca a livello europeo (es. TERECoP, RoboESL) e finanziamenti a livello locale (fondi PON).

Nonostante questa tendenza, la scuola ha dimostrato finora una forte difficoltà ad assorbire ed inglobare gli strumenti tecnologici al fine di trasformarli in strumenti didattici veri e propri. Le cause sono molteplici: un'analisi oltre al costo per l'acquisto degli strumenti, è presente una resistenza diffusa tra gli insegnanti che ritengono di non avere sufficienti competenze per utilizzare le nuove tecnologie [5]. Lo sviluppo una metodologia condivisa nell'impiego didattico degli strumenti tecnologici può aiutare i docenti a superare questo senso di insicurezza.

Il principale output atteso del progetto eCraft2Learn è proprio la creazione di un ecosistema unificato che risponda a questa esigenza, fornendo ai docenti una selezione degli strumenti con maggiore potenziale didattico e proponendo un modello di utilizzo basato sulla teoria costruzionista di Papert ed ispirato al moderno movimento dei maker. Il ruolo della nostra unità nel progetto eCraft2Learn è appunto l'identificazione e la valutazione degli strumenti hardware e software che faranno parte del sistema e saranno mirati alla progettazione, fabbricazione e programmazione di artefatti digitali a partire da tecnologie esistenti a basso costo.

2. Il crescente divario tra scuola e mondo del lavoro

Nonostante le tecnologie siano presenti nel sistema scolastico di ogni grado, non si è ancora avuta un'integrazione effettiva di queste nel percorso didattico: quasi sempre relegate all'ora di tecnologia o ad attività extrascolastiche perlopiù riservate alla sola eccellenza, le ICT sono state più spesso trattate come materia da insegnare che non come strumento utile all'insegnamento in generale, e quindi dedicato ad altre discipline e competenze. Il fallimento di un proficuo innesto non è quindi da ricercarsi tanto nella ridotta disponibilità delle tecnologie quanto nel modo in cui queste vengono utilizzate, quasi esclusivamente a supporto di metodi di insegnamento e competenze tradizionali [6, 7]. Questa mancata integrazione non può che allargare il divario già presente tra il mondo lavorativo e la scuola, divario questo che non può e non deve essere sottovalutato dal sistema scolastico in quanto strettamente connesso a problematiche sociali che con la scuola hanno molto a che fare. Il primo problema riguarda lo squilibrio tra le competenze digitali richieste dal settore tecnologico e quelle possedute mediamente dalla popolazione europea: gli ultimi dati relativi all'indice DESI (Digital Economy and Society Index) rivelano che solo il 56% dei cittadini UE ha almeno le competenze digitali di base [8]. In Italia (25° nella classifica dei paesi membri della UE) la percentuale si riduce al 44% , nonostante il considerevole aumento di impiegati nel settore ICT negli ultimi 10 anni [9]. Si stima che nel 2020 in Europa ci sarà una richiesta non soddisfatta di circa 500.000 professionisti del settore ICT [10]. Il paradosso diventa ancora più evidente nel caso dei giovani, tra cui si assiste ad un

consumo tecnologico bulimico passivo che non ha corrispettivo nell'utilizzo creativo, e quindi produttivo, di quegli stessi strumenti [11]. Considerato l'alto tasso di disoccupazione giovanile registrato in Europa (18,7% nell'UE e 30,7% in Italia secondo i dati Eurostat del 2016) [12] è doveroso che la scuola si rinnovi e si muova verso la direzione tracciata dall'evoluzione in atto, al fine di formare studenti che di questa evoluzione possano essere partecipanti attivi e consapevoli. Il secondo problema è strettamente connesso al primo e riguarda l'allontanamento dei giovani dalla scuola: nonostante il fenomeno dell'abbandono scolastico sia in riduzione [13], permane un'altra forma di scollamento che ha luogo all'interno della scuola stessa e che consiste in una progressiva perdita di interesse negli studenti rispetto alle tematiche trattate in classe, ritenute prive di utilità e non connesse al mondo esterno. La percezione diffusa è sempre più quella di un ecosistema scuola isolato dall'ambiente circostante, che "obbliga" ad apprendere conoscenze e competenze valide solo al suo interno e per questo fini a sé stesse [14]. E anche se questa percezione è sicuramente pessimistica, diviene fondamentale che la scuola si sforzi di ridurre questo scollamento, e cosa altrettanto importante, che la connessione con la realtà esterna sia resa ben evidente agli studenti.

Una più profonda integrazione delle ICT nella scuola risulta quindi fondamentale e improrogabile ma non può avvenire senza una metodologia condivisa basata su modelli pedagogici adeguati e validati. In [15], Mishra P. e Koheler M. J. introducono l'interessante concetto di *Technological Pedagogical Content Knowledge* con il quale mettono in evidenza la complessa commistione di conoscenze che un insegnante deve possedere per riuscire a fare un utilizzo significativo delle tecnologie in ambito educativo. Mishra e Koheler ci dicono infatti che non è sufficiente per gli insegnanti possedere conoscenze nei tre ambiti indicati (tecnologico, pedagogico e della materia che insegnano) ma devono fare propria una conoscenza che presuppone l'intersezione delle tre precedenti pur essendo più della somma delle parti, ossia la conoscenza di cosa rende un concetto più o meno facile da comprendere e di come una determinata tecnologia possa aiutare gli studenti nell'apprendimento di quel determinato concetto. La formazione di una competenza così complessa può essere favorita aiutando i docenti nella scelta delle tecnologie stesse tra le innumerevoli a disposizione, e fornendo un ambiente di lavoro che riunisca questi strumenti secondo un'idea di metodologia didattica ben definita. Il progetto eCraft2Learn nasce proprio con l'obiettivo di contribuire a questa necessità progettando un ecosistema che supporti i docenti europei nell'utilizzo delle tecnologie mirato all'apprendimento delle STEAM e allo sviluppo delle competenze del 21° secolo.

3. Come usare le tecnologie? L'esperienza dei maker

Un interessante modello di utilizzo delle tecnologie è quello che ci viene dal movimento maker sviluppatosi negli ultimi anni attorno al concetto di artefatto digitale, ossia un oggetto programmabile (come ad esempio un robot) realizzato a partire da componenti elettroniche a basso costo ed open source (es. Arduino o Raspberry). Il movimento maker, nato circa dieci anni fa dalla logica del do-it-

yourself (DIY), è arrivato in breve tempo ad assumere la forma di controcultura, rivelando un nuovo modo di approcciarsi alle tecnologie: rifiutando il ruolo di consumatori passivi, i maker hanno sdoganato l'immagine dell'artigiano digitale e con esso quello di una innovazione tecnologica che parte dal basso, ossia dagli utilizzatori stessi. L'utilizzo delle tecnologie è passato quindi dal modello black-box a quello white-box: la "filosofia" dei maker richiede infatti di togliere il coperchio alla scatola misteriosa piena di componenti tecnologici, guardarci dentro, comprenderne il funzionamento, smontarne le parti e a partire da queste creare nuovi strumenti. In questo senso è evidente la forte attinenza al modello pedagogico costruzionista di Papert, basato sulla teoria "learning by making". Gli stessi artefatti digitali incarnano perfettamente il concetto di artefatto tangibile, la cui creazione secondo Papert contribuisce a rendere più efficiente il momento dell'apprendimento. È facile inoltre immaginare come l'approccio maker favorisca in maniera naturale l'uso di nuove competenze. Ripensando ad esempio alla capacità contestuale sopra citata di saper individuare le informazioni utili all'interno rete, è evidente come questa sia indispensabile per un buon maker. Analogamente la capacità di saper comunicare con gli altri attraverso canali indiretti (come forum o mail) e spesso in lingua inglese o di creare soluzioni innovative a partire dai materiali a basso costo sono tutte competenze che vengono spontaneamente sollecitate da questo tipo di attività.

4. Come importare il modello Maker nella scuola: l'idea alla base di eCraft2Learn

L'introduzione nella scuola del modello maker, secondo le linee del progetto qui illustrato, viene veicolata attraverso la creazione di un ecosistema unificato. L'espressione "ecosistema unificato" indica un ambiente composto da un insieme selezionato di hardware e software per la progettazione, la fabbricazione e la programmazione di artefatti digitali. L'obiettivo finale è quello di creare un sistema che permetta l'utilizzo strutturato delle tecnologie a disposizione. Questa condizione è fondamentale al fine di supportare gli insegnanti: la grande varietà di strumenti tecnologici adottabile infatti, se da un lato costituisce un'enorme opportunità didattica, dall'altro può ritenersi una delle cause della mancanza di una metodologia condivisa che, secondo quanto riportato da un'indagine del 2013 condotta dall'Unione Europea, è la vera sfida che la scuola deve affrontare riguardo l'uso delle tecnologie. Questa confusione è resa ancor più problematica dalla mancanza di linee guida sull'utilizzo didattico degli strumenti: mancanza questa che rappresenta un forte deterrente per gli insegnanti che spesso si sentono anche insicuri delle proprie competenze in ambito tecnologico. Per questo motivo nell'ecosistema saranno presenti anche numerose risorse didattiche (manuali, esempi di attività) e software per la condivisione delle informazioni.

5. Il modello pedagogico di eCraft2Learn

Il modello pedagogico alla base di ecraft2learn unisce la teoria costruzionista di Papert all'approccio artigianale e project-based del movimento maker. Gli studenti, sotto la guida dell'insegnante con il ruolo di *coach* [16,17],

indagheranno problemi connessi a situazioni reali e saranno sollecitati a formulare soluzioni creative attraverso l'uso degli artefatti digitali. Il ruolo delle materie STEAM è in questo senso ben evidente: oltre alla naturale connessione con i concetti delle STEM che discende dall'uso delle tecnologie, anche alla parte creativo-artistica (la A dell'acronimo STEAM) viene riservato ampio spazio. L'ecosistema svolge qui due ruoli fondamentali: da un lato fornisce tutti gli strumenti necessari al processo creativo, dall'altro favorisce l'inquiry-based learning, ossia l'apprendimento basato sulla scoperta che avviene secondo lo schema del metodo scientifico. L'uso delle tecnologie infatti si presta particolarmente all'esplorazione graduale basata su alternanza di ipotesi ed esperimenti. I diversi tipi di competenze richiesti per la realizzazione di un progetto (manualità, abilità nella programmazione, inventiva, etc.) contribuiscono inoltre a sviluppare la collaborazione tra compagni, promuovendo ruoli diversi a seconda delle proprie capacità e attitudini. In questo processo anche l'apprendimento delle conoscenze necessarie alla risoluzione del problema, avviene in maniera diversa rispetto a quanto accade nell'insegnamento tradizionale. Gli studenti infatti dovranno sia applicare conoscenze teoriche apprese in classe, sia reperirne altre attraverso gli strumenti di ricerca e condivisione che si trovano nell'ecosistema. Lo stesso ruolo assunto dall'insegnante cambia: il docente non può più essere il detentore di tutte le conoscenze necessarie, ma diviene piuttosto colui che guida il processo di ricerca di tali conoscenze nella rete e insegna i criteri per distinguere le informazioni corrette e utili dalle altre. Compito dell'insegnante è anche quello di evidenziare la contestualizzazione dei problemi affrontati: il riferimento a situazioni reali e rappresentabili infatti, creando un ponte tra la scuola e il mondo esterno, motiva spesso lo sforzo cognitivo richiesto e permette un maggiore coinvolgimento degli studenti. Un'interessante contestualizzazione è quella orientata alla risoluzione di problemi legati alle necessità dell'uomo; in questo caso si parla di design thinking [18], ossia di un processo creativo incentrato sulla persona. Oltre a consentire il collegamento interdisciplinare con materie umanistiche, questi scenari sollecitano lo sviluppo dell'empatia e della capacità di immedesimazione, competenze queste che non possono mancare nella società del futuro.

Nel dettaglio il processo di apprendimento sarà composto da cinque fasi:

- Fase 1: Ideazione a partire dall'esplorazione. Esplorando il mondo reale fisicamente o virtualmente, gli studenti, con la guida del docente valutano e scelgono un problema da indagare.
- Fase 2: pianificazione. Una volta che il problema è stato definito, gli studenti iniziano a raccogliere informazioni necessarie a progettare una soluzione. La raccolta delle informazioni avviene sia attraverso la rete, sia a partire dalle conoscenze apprese in classe.
- Fase 3: creazione. In questa fase gli studenti progettano e costruiscono gli artefatti digitali. La creazione degli artefatti avviene a partire da componenti elettroniche che costituiscono l'insieme degli hardware dell'ecosistema e da altri oggetti a basso costo. Usando software di simulazione 3D i ragazzi progettano le parti che andranno a completare

artefatto e ne testano la realizzabilità, infine queste vengono fabbricate usando al stampante 3D.

- Fase 4: programmazione. Una volta costruito l'artefatto digitale, questo viene programmato usando uno dei software presenti nell'ecosistema. Fondamentale importanza in questa fase è dato al processo di debugging, che sarà supportato da degli strumenti appositi.
- Fase 5: condivisione. Al fine di aumentarne il coinvolgimento, gli studenti saranno incoraggiati a condividere i loro progetti in rete, all'interno di una comunità di esperti (ingegneri, artisti, maker).

6. Il modello tecnologico di eCraft2Learn

I principi generali che hanno ispirato le scelte tecnologiche del progetto discendono dalla volontà chiaramente espressa di favorire la più ampia diffusione dell'ecosistema proposto e del suo supporto pedagogico in attività di learning formali (integrate nel curriculum scolastico) e informali (fab lab, centri di formazione integrativa e ludici, ecc.). Nella valutazione generale dell'offerta di mercato e dei suoi prevedibili prossimi sviluppi, si è tenuto conto di alcuni principali aspetti guida:

- Usuali limitazioni di budget degli istituti scolastici;
- Mancanza di competenze tecniche all'interno della scuola per garantire installazioni, manutenzione e interventi pronti in caso di malfunzionamento per i sistemi usati;
- Necessità di una sufficiente indipendenza dai diversi specifici setup di sistemi informatici che si trovano nelle scuole;
- Volontà di adottare una soluzione facilmente replicabile in contesti diversi, anche famigliari;
- Possibilità di trarre vantaggio da una comunità online adottando soluzioni largamente condivise;

I principi suesposti si traducono in scelte di natura tecnica così riassunte:

- Architettura hardware a basso costo e ampia reperibilità;
- Elettronica DIY (do it yourself) di ampia diffusione;
- Integrazione di stampa 3D per la realizzazione di artefatti personalizzati;
- Ambiente operativo open source (o quantomeno a licenza non onerosa);
- Strumenti di sviluppo web-based.

L'ultimo punto vuole garantire la disponibilità continuativa di software aggiornato, evitando il più possibile il sovraccarico, e la connessa complicatezza, di installazione ed aggiornamento manuali. Infatti Il software viene in questo caso caricato al volo attraverso un browser, tipicamente da un repository remoto ove la disponibilità delle versioni più aggiornate è automaticamente garantita.

7. La scelta dell'hardware di riferimento

La sperimentazione iniziale ha cristallizzato alcune scelte hardware che, alla luce dell'offerta di mercato attuale, sono risultate adeguate agli obiettivi del progetto e saranno alla base della sperimentazione pilota. L'ecosistema è costituito dai componenti principali di seguito descritti:

- La stazione di lavoro è costituita da un sistema su scheda Raspberry Pi 3 (RPi3);
- Alla scheda sono collegati via USB tastiera e mouse e, via HDMI, uno schermo;
- La connessione USB consente il collegamento di una o più schede Arduino;
- A queste schede sono connessi singoli componenti elettronici, scelti dall'utente in base all'artefatto da realizzare, e posti per comodità su una basetta con connettori di comodo (breadboard);
- Si provvederà poi a integrare una stampante 3D, probabilmente ad uso condiviso, per la stampa degli oggetti progettati e disegnati sulle singole stazioni di lavoro.

L'architettura hardware è riassunta in figura 1

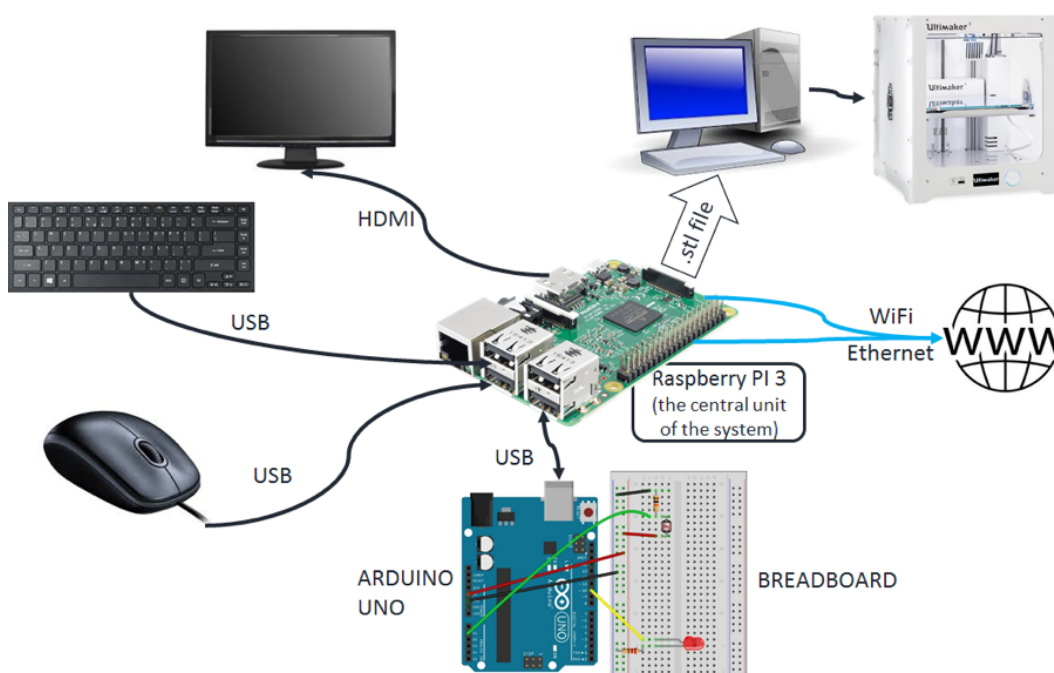


Figura 1
Architettura hardware dell'ecosistema di eCraft2Learn

La possibilità di utilizzare una RPi3 come stazione di lavoro in alternativa ad un PC è garantita dalle caratteristiche della dotazione di scheda, piuttosto ampia in

termini di connettività sia wired che wireless, potenza di calcolo e generalità dell'architettura del core hardware che garantisce, in particolare, l'installazione di un ambiente operativo di uso generale (apposita distribuzione Linux). L'integrazione della stampante 3D sarà oggetto di ulteriore sviluppo nel corso del progetto.

8. La scelta del software

Il complesso del software suggerito in questa fase di sperimentazione ha caratteristiche coerenti con i principi generali del modello tecnologico proposto. In particolare l'adozione di software per lo sviluppo su Arduino orientato alla programmazione a blocchi è stata considerata adeguata all'uso per la fascia d'età di studenti che è di interesse per il progetto e per una prototipazione rapida. Come già accennato, gli aspetti qualificanti nella scelta del software sono:

- Adeguato alla piattaforma RPi3;
- Ridotto intervento manuale per installazione e manutenzione (attraverso l'adozione di applicativi web-based);
- Dotato di un'interfaccia amichevole;
- Motivato dalle scelte pedagogiche;
- A favore di una facile integrazione dell'hardware;
- Open source o almeno a basso costo.

La decisione di orientarsi verso software applicativo basato su web sconta alcune limitazioni di cui si è consapevoli: queste riguardano in particolare le protezioni che, correttamente, un browser applica quando il software embedded tenta di interagire con le risorse macchina al di fuori del browser stesso o peggio con hardware esterno al computer e a questo connesso. Ciò richiede la realizzazione di software che faccia da ponte senza compromettere la sicurezza generale del sistema, tenendo conto che in un tipico scenario d'uso il sistema RPi3 sarà effettivamente connesso alla rete. In una prima sperimentazione il software di sviluppo per stampa 3D sarà in parte disponibile sulla stazione di lavoro (fase di design o modellizzazione), in parte sulla stazione che controllerà la stampante 3D condivisa (fase di slicing).

Un aspetto qualificante dell'ecosistema sarà l'interfaccia utente unificata (UI) che risulterà per sua natura integrata in un browser web: si pensa di adottare un unico *entry-point* che faccia da interfaccia operativa verso tutte le risorse software, di servizio e di documentazione di cui la stazione di lavoro disporrà. La realizzazione di questa interfaccia è resa relativamente agevole grazie alle scelte adottate, alla possibilità di accedere alla rete per le componenti/servizi remoti, alla presenza del software-ponte per il collegamento con l'hardware esterno.

Un altro aspetto che è utile menzionare è che l'ecosistema includerà anche uno strumento di analisi dei dati provenienti dall'attività che gli utenti svolgono sulla piattaforma di lavoro e dalle lavorazioni eseguite sulla/e stampante/i 3D. Questo strumento, che farà uso di tecniche già sviluppate per l'estrazione di

informazione utile dai dati grezzi (*educational data mining*), risulta utile agli utenti e ai formatori nelle 5 fasi di sviluppo dei progetti per guidarne l'azione. Si configurerà come un servizio web-based indipendente dalla piattaforma e separato rispetto all'interfaccia unificata, fornendo soprattutto agli insegnanti viste utili alla comprensione degli andamenti nell'uso dell'ecosistema, particolarmente dal punto di vista pedagogico.

9. Conclusioni

L'articolo ha mostrato una panoramica degli aspetti principali che caratterizzano il progetto Europeo eCraft2Learn e il suo ecosistema. Sono stati introdotti i presupposti metodologici e pedagogici dell'uso delle tecnologie a basso costo come motore di apprendimento in ambito STEAM, assieme ad alcuni dettagli sulle principali componenti hardware e software finora incluse nel progetto. Una prima sperimentazione è attualmente in corso (autunno 2017) in due sedi pilota, una in Finlandia e una in Grecia, e coinvolge numerosi docenti e studenti della fascia d'età obbiettivo del progetto.

Questo progetto è stato finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del programma Horizon 2020 Coordination & Research and Innovation Action under Grant Agreement No 731345.

Bibliografia

- [1] Bottino, R., & Chiocciariello, A. (2015). "Computational Thinking: videogames, educational robotics, and other powerful ideas to think with", *KEYCIT: Key Competencies in Informatics and ICT*, 7, 301.
- [2] Dede, C. (2010). "Comparing frameworks for 21st century skills", *21st century skills: Rethinking how students learn*, 20, 51-76.
- [3] Sullivan, F. R. (2008). "Robotics and science literacy: Thinking skills, science process skills and systems understanding", *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 373-394.
- [4] Mikropoulos, T. A., Bellou, I. (2013). "Educational robotics as mindtools", *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 5-14.
- [5] Bingimlas, K. A. (2009). "Barriers to the successful integration of ICT in teaching and learning environments: A review of the literature", *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 5(3).
- [6] Alimisis, D. (2013). "Educational robotics: Open questions and new challenges", *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63-71.
- [7] <http://oecdeducationtoday.blogspot.it/2015/05/are-schools-ready-to-join-technological.html> (ultimo accesso 19/12/2017)
- [8] http://ec.europa.eu/newsroom/document.cfm?doc_id=43021 (ultimo accesso 19/12/2017)
- [9] <http://www.assinform.it/english/latest-news/italys-ict-sector-expected-to-post-second-consecutive-yearly-growth-in-2016.kl> (ultimo accesso 19/12/2017)

- [10] <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/policies/digital-skills> (ultimo accesso 19/12/2017)
- [11] <https://www.agendadigitale.eu/cultura-digitale/per-favore-non-chiamateli-nativi-digitali/>
- [12] [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Youth_unemployment_figures_2007-2016_\(%25\)_T1.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Youth_unemployment_figures_2007-2016_(%25)_T1.png) (ultimo accesso 3/09/2017)
- [13] <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/4187653/7825811/IMG+graph+news+early+school+leavers.png/32370ca3-d4ea-4219-9c85-db0e7bda9703?t=1504774179517> (ultimo accesso 3/09/2017)
- [14] <https://www.orizzontescuola.it/studiare-inutile-ritiene-studente-europeo-tre/> (ultimo accesso 3/09/2017)
- [15] Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). "Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge", *Teachers college record*, 108(6), 1017.
- [16] Sprague, D., & Dede, C. (1999). "Constructivism in the Classroom: If I Teach This Way, Am I Doing My Job?", *Learning & Leading with technology*, 27(1), 6-9.
- [17] Alimisis, D. (2012). "Exploring paths to integrate robotics in science and technology education: from teacher training courses to school classes", *IJREA: International Journal of Robots, Education and Art*, 2(2), 16-23.
- [18] Leinonen, T., Durall-Gazulla, E. (2014). "Design thinking and collaborative learning", *Comunicar*, 21(42).

Biografia

Francesca Agatolio è dottoranda presso Human Research Centre dell'Università di Padova, i suoi ambiti di ricerca sono la robotica educativa e il suo impatto sullo sviluppo delle abilità cognitive e sull'apprendimento della matematica. Ha partecipato al progetto europeo RoboESL per l'utilizzo della robotica al fine di contrastare l'abbandono scolastico. Si occupa anche di didattica rivolta a ragazzi con iperdotazione.

E-mail: francesca.agatolio@phd.unipd.it

Emanuele Menegatti è professore Ordinario di Sistemi di Elaborazione delle Informazioni presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova. La sua attività di ricerca si concentra sui temi della Visione Artificiale per i robot. Insegna i corsi di "Robotica Autonoma", "Architettura degli Elaboratori" e "Robotica educativa per gli insegnanti". È stato coordinatore del progetto europeo Thermobot e responsabile locale dei progetti europei 3D Complete, FibreMap e Focus. Nel 2005 Menegatti è stato co-fondatore della spin-off IT+Robotics srl e nel 2014 di una nuova startup EXiMotion srl.

E-mail: emanuele.menegatti@dei.unipd.it

Michele Moro, ricercatore confermato di Sistemi di Elaborazione delle Informazioni presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova. Le sue aree di interesse sono: linguaggi concorrenti, architetture e gli ambienti di programmazione; le applicazioni di sistemi operativi in tempo reale; le applicazioni delle nuove tecnologie per l'educazione, e particolarmente la robotica educativa. È stato responsabile locale dei progetti Europei TERECoP e RoboESL. È responsabile scientifico del 'Laboratorio di Tecnologie innovative per l'istruzione tecnico-scientifica (LITTE)'.

E-mail: michele.moro@dei.unipd.it

Laboratori di robotica ed educazione tecnologica contestualizzata¹

P. Mengoli, M. Russo

Sommario

Il saggio descrive i laboratori di robotica di Officina Emilia, realizzati tra il 2009 e il 2013 come ricerca-azione a sostegno del sistema di istruzione, di fronte alle sfide della nuova manifattura di industria 4.0. Vengono presentati metodi e risultati della valutazione delle attività e si conclude con una riflessione sulle modalità di coinvolgimento degli studenti, dei loro docenti e delle scuole, con l'obiettivo di creare contemporaneamente apprendimenti significativi, esperienze di formazione in servizio per i docenti, innovazione delle pratiche didattiche.

Abstract

Realized between 2009 and 2013 as an action-research to support the education system, tackling the challenges of the new manufacturing of Industry 4.0, Officina Emilia's robotics workshops are described in the paper that presents methods and results of the evaluation of the activities. The conclusion remarks are on how to involve students, their teachers and schools, with the aim of simultaneously creating significant learning in the new generations, in-service teacher training experiences, innovation of methodologies.

Keywords: context based technology education; hands-on and tinkering experiences; evaluation; action-research; learning to support new manufacturing- industry 4.0

¹ Le autrici ringraziano Donatella Poliandri (INVALSI) per il contributo all'impostazione iniziale del piano di valutazione delle azioni con le scuole nel programma di ricerca-azione Officina Emilia. Desiderano ringraziare, inoltre, gli organizzatori del Convegno "Giocare a pensare. Metodi e tecnologie per l'uso educativo e didattico dei robot", che si è tenuto presso l'Università degli Studi di Milano-Bicocca, il 20 Maggio 2017, e i partecipanti alla sessione in cui è stata presentata una prima elaborazione dei questionari di valutazione dei laboratori di robotica di Officina Emilia. Si ringraziano i due anonimi referee per i commenti al saggio. Rispetto ai risultati preliminari presentati al convegno, quelli presentati in questo saggio riguardano tutti i questionari relativi ai laboratori di robotica, di cui negli ultimi mesi è stato possibile completare la digitalizzazione.

1. Introduzione

Promossi dal programma di ricerca-azione Officina Emilia, dell'Università di Modena e Reggio Emilia, i laboratori di robotica sono stati sperimentati dal 2005 al 2013 nelle classi di scuola primaria e secondaria di primo e secondo grado di Modena, Reggio Emilia e Bologna, coinvolgendo oltre 2.700 studenti e più di 200 docenti. I partecipanti hanno osservato, costruito e programmato micro-robot della LEGO®, come esempi di meccanismi e macchine. Numerose iniziative di divulgazione hanno coinvolto anche un pubblico di adulti e, in più edizioni, sono state realizzate azioni di formazione per educatori e insegnanti.

La sperimentazione dei laboratori è avvenuta in un contesto di ricerca-azione che prevedeva un insieme articolato di azioni. Un sottoinsieme di queste azioni, costituito dai laboratori *hands-on* sulle macchine, sui processi di produzione e sul lavoro industriale, includeva i laboratori di robotica. I robot erano costruiti, programmati e collaudati per favorire la conoscenza delle tecniche di produzione, della tecnologia incorporata nei prodotti, del saper fare e della professionalità dei lavoratori dell'industria, oltre che dei processi di innovazione e di cambiamento tecnologico. L'intero progetto di ricerca è nato e si è sviluppato all'interno dell'Università di Modena e Reggio Emilia tra il 2000 e il 2015. A seguito della chiusura della sperimentazione con le scuole, la ricerca si è concentrata sulla documentazione e sulla valutazione dell'esperienza. In questo scritto si presentano alcune riflessioni sui risultati dei laboratori di robotica. Il contributo che si intende fornire è duplice. Da un lato, viene presentato un originale contesto entro cui si sono realizzate esperienze di educazione tecnologica e informatica con uso di kit di micro-robotica. Dall'altro, si presenta una valutazione dell'esperienza di quei laboratori lungo tre dimensioni: (i) l'effetto sull'attività didattica complessiva delle scuole coinvolte, (ii) l'effetto sulle conoscenze, sulle attitudini e sulle capacità dei docenti coinvolti ed infine (iii) l'effetto sulle conoscenze degli studenti, sulle loro motivazioni ad approfondire e sul gradimento complessivo delle attività del laboratorio.

La struttura del saggio è la seguente. Nella sezione 2, si illustrano gli obiettivi del piano di ricerca di Officina Emilia. La sezione 3 presenta i riferimenti teorici. La sezione 4 descrive i laboratori di robotica, mentre la sezione 5 si concentra sulla valutazione di questi laboratori. La sezione 6 presenta le considerazioni conclusive in merito alla realizzabilità delle esperienze di educazione robotica, come veicolo di educazione tecnologica contestualizzata, proponendo una riflessione sulle modalità di coinvolgimento degli studenti, dei loro docenti e delle scuole, con l'obiettivo di creare contemporaneamente apprendimenti significativi, esperienze di formazione in servizio per i docenti, innovazione delle pratiche didattiche.

2. La ricerca-azione

Numerosi elementi mettono in luce la fragilità delle tradizionali mediazioni cognitive che per generazioni hanno introdotto i giovani alla comprensione del contesto sociale, economico, istituzionale e anche tecnologico e professionale. Le famiglie non sembrano in grado di trasmettere le conoscenze e le

interpretazioni necessarie per comprendere il contesto sociale, sempre più allargato e complesso. Le stesse difficoltà si ritrovano nelle scuole. Un numero crescente di docenti si forma in contesti territoriali diversi e lontani da quelli in cui si trovano ad insegnare. I contenuti dei percorsi della loro formazione e, soprattutto, le caratteristiche delle loro relazioni sociali non sembrano completamente adeguati per il delicato compito di includere i giovani nel loro contesto sociale, culturale ed economico [6].

In Italia, le esperienze educative dei giovani, fino al termine della scuola secondaria di secondo grado, si caratterizzano per la scarsa qualità delle conoscenze e delle competenze in ambito tecnologico, con riferimento alle tecnologie di produzione e dei prodotti, e informatico. Inoltre, la valorizzazione dell'educazione tecnologica, con l'esplicitazione degli aspetti sociali ed economici che sono connessi all'uso delle tecnologie e allo sviluppo delle conoscenze scientifiche, resta generalmente fuori dall'educazione dei giovani [7-9]. Questi elementi influiscono sull'interesse verso le professioni tecniche e scientifiche, mettendo in luce anche un forte divario di genere in questi campi.

La ricerca-azione di Officina Emilia con le scuole si è rivolta in primo luogo ai docenti, sostenendoli attraverso la pratica di azioni educative innovative nei metodi e nei contenuti. Tutti i docenti coinvolti hanno partecipato alla formazione, osservato in modo sistematico le attività sperimentali e contribuito alla loro validazione.

Sin dal 2004 sono stati sperimentati percorsi didattici sui robot e la programmazione informatica (*coding*). Già allora, la diffusione di numerosi artefatti, che incorporano sistemi programmabili, metteva in luce la necessità di disporre di conoscenze scientifiche e matematiche, oltre che di conoscenze di base di tipo ingegneristico, per un uso consapevole di tanti prodotti di uso quotidiano. Inoltre, nei territori che hanno una spiccata vocazione manifatturiera, specie nel settore meccanico, come ad esempio l'Emilia-Romagna in Italia, oppure le regioni del Bacino del Reno in Germania, si debbono garantire ingressi nel mercato del lavoro di forze giovani che, ad ogni livello e per ogni mansione, siano forti di conoscenze e competenze molto migliori di quelle che mediamente sono state sufficienti finora. Da questa capacità del sistema educativo dipende una buona parte della possibilità delle imprese di continuare ad alimentare i loro processi di innovazione e di crescita nella competizione globale [10-14].

Le azioni realizzate in collaborazione con le scuole, nell'ambito del programma di ricerca-azione di Officina Emilia, hanno permesso di verificare, da un lato, l'effettiva possibilità di un cambiamento nelle pratiche didattiche e dall'altro l'ipotesi dell'efficacia di questa via per supportare le conoscenze del contesto tecnologico, sociale ed economico, a fini di acquisire capacità di scelta tra percorsi alternativi di studio e di lavoro oltre che sviluppare l'identità sociale dei giovani a partire dai primi gradi di scuola.

La chiusura del Museolaboratorio nel 2013, causata dalla necessità contingente dell'Università di ridurre i costi a seguito delle politiche a livello nazionale di riduzione della spesa pubblica [15], è coincisa con il termine delle attività

centrali del programma di ricerca-azione "OE con le scuole". Il programma è continuato con le attività di documentazione, incontri di approfondimento con altri gruppi di ricercatori a livello nazionale e internazionale, elaborazione dei dati per la valutazione, redazione e pubblicazione di contributi sulla ricerca [16-19]. Altri filoni di ricerca connessi con l'esperienza del Museolaboratorio sono continuati e continuano soprattutto con riferimento all'evoluzione della struttura industriale [20], sull'efficacia dei sistemi educativi [21] e all'esperienza della ricerca-azione nel contesto delle politiche di sviluppo locale [15].

3. I riferimenti teorici

La ricerca-azione di Officina Emilia si colloca nel contesto delle teorie dell'apprendimento di tipo costruzioniste [1, 22-23]. La prospettiva è di un apprendimento attivo e contestualizzato, promosso da istituzioni educative che a loro volta operano sotto l'influenza delle condizioni istituzionali, sociali ed economiche del territorio e del paese in cui si trovano. Rilevante, nell'impostazione della ricerca-azione, è stato il contributo teorico di Vygotskij [2], specialmente per l'interpretazione dell'apprendimento come un processo di interazione fra individui e ambiente, di interazione sociale e di scambio tra persone meno competenti e più esperte. Inoltre, è stato rilevante il contributo dei lavori di Dewey (specialmente [3, 24]) sull'apprendimento come processo sociale attivo, in cui l'esperienza manuale costituisce un asse portante che si integra con le attività riflessive. Specifico dell'impianto progettuale della ricerca-azione è stato il riferimento agli studi sull'apprendimento situato [4], per la convinzione che non si possa assumere un apprendimento significativo che non tenga conto, in maniera decisa, del contesto entro cui l'apprendimento stesso, e la persona che apprende, sono collocati nello spazio e nel tempo. L'apprendimento situato viene delineato anche come strumento interpretativo dei fattori che alimentano le motivazioni allo sforzo per un apprendimento di successo [25].

In questo quadro teorico, lo sfondo empirico dei laboratori di robotica di Officina Emilia è comune alle esperienze dei laboratori *hands on* che si sono diffusi nel corso degli anni Ottanta, nei principali musei della scienza e della tecnica, a partire dalla esperienza pilota dell'*exploratorium* di San Francisco, inaugurato già alla fine degli anni Sessanta [26-28]. Attraverso lo smontaggio e il rimontaggio, anche creativo, di prodotti e artefatti, con uso di strumenti e attrezzi, si è sviluppata un'efficace azione educativa, in campo tecnologico. I laboratori sulle macchine e sulla produzione industriale, che includevano i laboratori di robotica, nel programma di ricerca-azione di Officina Emilia, hanno valorizzato l'esplorazione degli artefatti, dei macchinari e degli ambienti entro cui questi sono utilizzati. Una sintonia piuttosto forte è riscontrabile con quello che, quasi negli stessi anni, si stava realizzando nel laboratorio di *tinkering* dell'*exploratorium* di San Francisco [29]. Per quanto riguarda obiettivi e contenuti, il riferimento empirico dei laboratori di Officina Emilia, inclusi i laboratori di robotica, si trova negli standard educativi proposti, fin dalla prima edizione del 2000, dall'International Technology and Engineering Educators Association [5].

4. I laboratori di robotica

4.1 Gli obiettivi

Tra i laboratori sulle macchine e la produzione industriale del programma di ricerca-azione di Officina Emilia sono stati sperimentati due laboratori di robotica: (i) “Un robot che segue una linea”, rivolto a giovani della fascia di età compresa tra 12 e 16 anni e, con lievi modificazioni, ai giovani della fascia di età compresa tra 17 e 19 anni; (ii) “Robot-Cocco-Drillo”, rivolto a bambine e bambini della fascia di età compresa tra 8 e 11 anni.

L'organizzazione dei laboratori prevedeva che una classe, accompagnata da uno o più docenti, si recasse al mattino presso il Museolaboratorio per svolgere le attività della durata di 4 ore nel caso del laboratorio “Un robot che segue una linea”, e della durata di 3 ore nel caso del laboratorio “Robot-Cocco-Drillo”. Si è trattato di laboratori progettati come eventi stimolo di un percorso educativo strutturato di durata compresa tra un minimo di 8 ore ed un massimo di 20 ore. I docenti che accompagnavano le classi gestivano le altre attività didattiche connesse con il laboratorio, usando materiali e indicazioni metodologiche fornite dai ricercatori.

Nel laboratorio “Un robot che segue una linea”, gli studenti costruivano un robot con i mattoncini LEGO®, seguendo istruzioni prive di indicazioni verbali. Con una presentazione molto generale dello strumento software, procedendo per prova ed errore, gli studenti scrivevano il programma che consentiva al robot di seguire una linea nera su fondo bianco. Collaudavano il robot e gareggiavano per verificare la correttezza del loro operato. Una versione più complessa dello stesso laboratorio è stata sperimentata, per ragazze tra 15 e 19 anni. all'interno del programma internazionale “Roberta”².

Nel laboratorio nominato “Robot-Cocco-Drillo”, le bambine e i bambini costruivano un automatismo a forma di animale capace di muoversi e di utilizzare un sensore in connessione con un computer. I linguaggi della descrizione verbale e iconografica erano coniugati con le forme usate nel diagramma di flusso e con la codificazione del software WeDo®.

Tutta la documentazione sui laboratori didattici di Officina Emilia è accessibile on line [31]³.

Gli obiettivi dei laboratori di robotica, con riferimento agli apprendimenti e alle competenze da sviluppare negli studenti, sono così sinteticamente riassumibili:

- capacità di individuare problemi, di scegliere tra soluzioni alternative, di testare le soluzioni e verificare i risultati;

² Roberta è un progetto ideato nel 2002 dal Fraunhofer IAIS (Institute for Intelligent Analysis and Information Systems) di Bonn in risposta alla carenza di ragazze che si iscrivevano a corsi di studi in settori tecnico scientifici [30].

³ La documentazione è stata creata utilizzando MOVIO, l'applicazione web open source per la realizzazione di mostre virtuali online, messa a punto dall'ICCU tra il 2012 e il 2015. Il progetto MOVIO ha utilizzato i laboratori di Officina Emilia nella fase di test dell'applicazione.

- conoscenza del significato di termini specifici per descrivere un macchinario e un robot, oltre alla conoscenza dei principi degli algoritmi, della loro formalizzazione, delle istruzioni di base di un qualunque linguaggio di programmazione (*coding* di base);
- scoperta dei campi entro cui i robot hanno cambiato il lavoro e le condizioni di vita delle persone, oltre che della distribuzione territoriale e delle caratteristiche delle imprese che progettano, producono e vendono robot;
- scoperta delle competenze tecnologiche e scientifiche necessarie per la produzione, la programmazione e il collaudo di nuovi robot.

Tra gli obiettivi non c'è l'insegnamento della robotica come disciplina e come insieme di competenze ingegneristiche specialistiche. Scopo principe è portare tutti gli studenti, indipendentemente dal grado scolastico e dall'indirizzo di studi che hanno scelto, alla conoscenza concreta ed efficace degli elementi di base delle tecnologie incorporate nei macchinari e nei prodotti.

I laboratori di robotica hanno perseguito anche obiettivi di apprendimento e di formazione professionale per i docenti coinvolti con le loro classi. Tali obiettivi, in sintesi, riguardano

- la conoscenza di elementi basilari della struttura di un macchinario e di un robot e del linguaggio adatto a descriverli;
- la conoscenza dei principi degli algoritmi, della loro formalizzazione e delle istruzioni di base di un qualunque linguaggio di programmazione (*coding* di base);
- la conoscenza delle fonti che permettono di studiare la struttura sociale, economica e istituzionale di un territorio, in connessione con le tecnologie utilizzate e i modelli organizzativi emergenti;
- la pratica di unità didattiche di tipo *hands-on*, con uso di materiali multimediali e lavoro cooperativo dei piccoli gruppi.

Quanto esposto finora non si discosta molto dalle numerose esperienze di educazione che si sono realizzate nei musei, nelle scuole e nei *fab-lab* con uso di materiali di micro robotica. Tuttavia, il programma di ricerca-azione, entro cui è avvenuta la sperimentazione dei laboratori di robotica, si prefiggeva di verificare la possibilità di conseguire altri due importanti obiettivi: proprio questi costituiscono la caratteristica peculiare delle esperienze che vengono descritte.

In primo luogo, i laboratori di robotica sono stati sperimentati come veicolo efficace per sollecitare una conoscenza attiva del contesto tecnologico, economico e sociale, con particolare riferimento ai territori di diffusione dei distretti manifatturieri. In secondo luogo, i laboratori, condotti in modo rigoroso sotto il profilo della ricerca-azione e connessi alla formazione in servizio dei docenti, si prefiggevano di sostenere la diffusione nelle scuole di un curriculum verticale innovativo, che si avvantaggiasse di eventi stimolo, ma che si connettesse con altre azioni didattiche curricolari ed extracurricolari.

4.2 Un ambiente evocativo

I laboratori di robotica, come eventi stimolo, di un programma educativo più complesso, sono stati sperimentati soprattutto nel Museolaboratorio: un ambiente evocativo delle lavorazioni meccaniche, progettato e realizzato nell'ambito della ricerca-azione, per consentire l'osservazione e la manipolazione di macchinari, strumenti e prodotti, l'incontro di lavoratori e imprenditori dei settori manifatturieri, il contatto e la connessione con le imprese del territorio. A tutti gli effetti si trattava di un ambiente complesso, con spazi di simulazione del lavoro industriale delle piccole e medie imprese dei distretti industriali italiani nelle regioni del Nord-Est. A sostegno delle aree espositive, il Centro di documentazione ha prodotto testi, filmati, materiali fotografici originali che consentivano di approfittare a pieno degli *exhibits*, delle installazioni⁴ e della possibilità di toccare e manipolare tutto quanto esposto [33].

La simulazione mima un ambiente, un sistema reale, le azioni che si svolgono al loro interno, e può permettere di osservarne i cambiamenti avvenuti nel tempo, quando sono disponibili artefatti di epoche differenti. Un ambiente simulato consente a chi apprende di interagire con la realtà, verificando gli effetti e i cambiamenti provocati dalle sue azioni, nel rispetto dei suoi tempi di apprendimento, oltre che potendo commettere errori, senza compromettere realmente un processo di produzione. La simulazione si avvale del supporto tecnologico (hardware e software) per amplificare la possibilità di capire il funzionamento dell'ambiente e dei suoi artefatti [34, 35]. Per potere funzionare, un ambiente simulato richiede di essere costruito e agito in riferimento ad un modello consapevole, sia del processo di apprendimento che si vuole attivare, sia della realtà che viene simulata. Per questo, il Museolaboratorio fu progettato in collaborazione con numerosi professionisti e ricercatori di discipline differenti: ingegneri, fisici, chimici dei materiali, economisti industriali e del lavoro, esperti di organizzazione industriale, psicologi dell'apprendimento, educatori e pedagogisti, esperti della comunicazione.

Le simulazioni sono usate in ambiti molto diversi e generalmente quando ci sono motivi che non permettono, a chi deve imparare qualcosa, di fare esperienza direttamente nell'ambiente operativo. Ciò avviene, ad esempio, quando un'operazione richiede costi elevati per i materiali, oppure quando il tempo richiesto per fare un'esperienza reale è molto lungo ed infine quando ci sono vincoli etici o di natura legale [36]. Nel caso di Officina Emilia, il principale limite che ha giustificato la costruzione di un complesso ambiente simulato era la difficoltà di fare accedere tutti gli studenti, o almeno una parte rilevante di essi, all'osservazione diretta e significativa di ambienti di produzione industriale. Le piccole imprese dei distretti manifatturieri sono caratterizzate da spazi limitati e da un'elevata specializzazione, quindi la comprensione del processo di produzione, qualora si osservi una sola impresa, risulta spesso impossibile.

⁴ Un video creato appositamente per il Museolaboratorio [32] presenta una rassegna della ricca gestualità del lavoro nel paesaggio sonoro dell'officina e mira a produrre l'effetto di coinvolgimento dei visitatori attraverso un'esperienza visiva e sonora.

Le simulazioni formative/educative sono pensate per insegnare gli elementi fondamentali di un sistema, osservando i risultati delle azioni o delle decisioni attraverso un processo di feedback, generato a sua volta da simulazioni concrete. L'ipotesi di ricerca è stata che le simulazioni di montaggi, smontaggi, programmazione software e collaudo di artefatti potessero aiutare gli studenti e i docenti a comprendere eventi e concetti tecnici complessi, oltre che poco osservabili in un'organizzazione aziendale di piccola dimensione.

L'importanza delle stimolazioni e delle informazioni, che questo ambiente è stato in grado di veicolare, è emersa in maniera importante quando alcuni dei docenti, che avevano partecipato con le loro classi ai laboratori di robotica entro il Musolaboratorio, sperimentarono la versione degli stessi laboratori adattata per essere realizzata nelle aule delle scuole [37]. Unanimente, i docenti, rilevarono un calo di attenzione e una minore motivazione, specie degli studenti più fragili, e per questo una minore efficacia delle esperienze nelle aule scolastiche a confronto con quelle condotte nel Museolaboratorio.

4.3 Lo sfondo e il senso delle esperienze laboratoriali

I laboratori di robotica non sono solo l'occasione per riflettere sulle parti di cui è costituito un robot, sulle strutture principali di una macchina, sulle basi della programmazione software, sulle difficoltà che si incontrano nel fare interagire i robot con l'ambiente. Opportuni momenti informativi e di dialogo educativo possono rendere esplicite le connessioni tra ciò che è simulato in laboratorio e l'ambiente esterno, dove le persone vivono e lavorano, incontrando e usando robot. L'esperienza laboratoriale diventa l'occasione per allargare la visuale sulle condizioni concrete di vita delle famiglie e degli studenti.

Ciò che rende originale i laboratori di robotica, qui analizzati, non risiede tanto nella parte centrale dell'azione educativa, che sviluppa competenze tecnologiche di base, sempre più indispensabili per tutti. Ma, piuttosto, l'originalità si trova nelle fasi iniziali e nelle fasi finali del laboratorio, che introducono elementi di conoscenza e di interpretazione delle caratteristiche del sistema economico sotto il profilo tecnologico, sociale e istituzionale, oltre che elementi del mondo del lavoro e delle professioni. Gli studenti, a partire dalla scuola primaria, possono essere introdotti a queste conoscenze, attraverso esperienze stimolanti, tra cui i laboratori di robotica. Spesso le nuove generazioni non hanno facilmente accesso a strumenti che possano aiutarli a conoscere e a riflettere sul mondo entro cui vivono. Perciò, l'influenza di fattori determinati dall'ambiente culturale e sociale di provenienza produce sovente preconcetti e scetticismi, che pesano negativamente sulle scelte dei percorsi educativi e professionali, oltre che sulla motivazione all'apprendimento specialmente delle scienze e della matematica.

Durante i laboratori di robotica, con videoinstallazioni, filmati relativi ad interviste registrate e apposite azioni didattiche sono stati resi espliciti, con opportuni adeguamenti che tengono conto dell'età, i collegamenti tra ciò che gli studenti costruivano e i robot usati nelle imprese, negli ospedali o negli aeroporti. Numerosi esempi sono stati forniti per mostrare come questi macchinari interagiscono con uomini e donne che lavorano e hanno visto cambiare la loro

condizione, proprio a seguito della loro introduzione. Queste azioni didattiche costruiscono uno sfondo di senso dell'esperienza di robotica e la connettono non solo con la scuola, ma con una prospettiva più ampia di conoscenze e abilità necessarie per vivere e lavorare [38].

Durante i laboratori di robotica, ma più spesso nelle azioni didattiche nelle aule, gestite dai docenti dopo la partecipazione delle classi ai laboratori, si è avviata la scoperta delle imprese che nel mondo e in Italia producono robot. In altri casi, sono stati approfonditi gli aspetti etici della diffusione della robotica, con riferimento anche alla sostituzione del lavoro umano, all'uso dei robot nelle situazioni di conflitto armato o in campo chirurgico. Un'unità didattica è stata dedicata alla letteratura e al cinema per analizzare come i robot sono entrati nella produzione culturale.

5. La valutazione

La letteratura [39-41] sulla valutazione delle esperienze educative che utilizzano robot e materiali di micro-robotica è molto recente e generalmente riporta buoni risultati, ma propone anche dubbi e sollecita la necessità di ulteriori approfondimenti.

La valutazione dei laboratori di robotica è rientrata nel più generale piano di valutazione delle azioni realizzate con le scuole nel progetto di ricerca-azione di Officina Emilia. In questa sede si presentano alcuni dei risultati, con riferimento ai laboratori di robotica realizzati nel periodo 2009-2013 e alle tre dimensioni considerate: (a) l'effetto sull'attività didattica complessiva delle scuole coinvolte, (b) l'effetto sulle conoscenze, sulle attitudini e sulle capacità dei docenti coinvolti ed infine (c) l'effetto sulle conoscenze degli studenti, sulle loro motivazioni ad approfondire e sul gradimento complessivo delle attività del laboratorio.

La raccolta dei dati per la valutazione dei laboratori ha utilizzato quattro strumenti: le interviste in profondità ai docenti, il questionario compilato dai docenti in occasione della partecipazione della loro classe ad un laboratorio e il questionario di gradimento degli studenti delle scuole secondarie. Un questionario con domande a risposta chiusa, compilato prima e dopo la partecipazione al laboratorio, ha rilevato i cambiamenti degli apprendimenti degli studenti.

La Tabella 1 riporta i principali dati riferiti agli strumenti e alla loro numerosità.

Strumenti utilizzati	Numero
Interviste in profondità con docenti	30 di cui 28 complete e utilizzabili ⁵
Questionari di docenti accompagnatori	121 in formato digitale ⁶
Questionari di gradimento degli studenti delle Scuole secondarie	497 in formato digitale ⁷
Questionari sull'apprendimento degli studenti	86 ⁸

Tabella 1*Strumenti utilizzati per la raccolta dei dati per la valutazione**Fonte. Nostra elaborazione sugli strumenti di valutazione dei laboratori di robotica di Officina Emilia*

L'esercizio valutativo presentato in questo saggio è basato sull'analisi degli elementi qualitativi espressi dai partecipanti in merito ai cambiamenti delle loro conoscenze e delle loro azioni, dopo la partecipazione ai soli laboratori di robotica. Per quel che riguarda i cambiamenti nelle conoscenze degli studenti, la rilevazione - all'inizio e al termine del laboratorio - ha consentito una valutazione quantitativa dei mutamenti prodotti⁹.

5.1 Effetto sul funzionamento delle istituzioni scolastiche

La partecipazione delle classi ai laboratori è stata inizialmente promossa dai docenti che si sono avvicinati al progetto di ricerca-azione per un loro interesse personale. Successivamente, la maggior parte delle classi di studenti hanno partecipato ai laboratori per decisione collegiale della scuola di appartenenza.

Le scuole coinvolte sono state prevalentemente della provincia di Modena, oltre che delle province confinanti di Reggio Emilia, Bologna e Mantova.

⁵ Di queste, 18 sono di docenti della scuola primaria, 6 sono di docenti di scuola secondaria di primo grado e 4 sono di scuola secondaria di secondo grado. Le interviste sono state condotte nell'anno scolastico 2011-2012 e nell'anno 2012-2013 presso il Museolaboratorio di Officina Emilia a Modena.

⁶ Di questi, 63 sono docenti di scuola primaria, 39 sono docenti di scuola secondaria di primo grado e 19 sono di scuola secondaria di secondo grado. I questionari sono stati compilati tra il 2009 e il 2012 da docenti prevalentemente delle scuole di Modena e Reggio Emilia. La composizione di genere è sbilanciata sulle donne (86%) e sulle discipline matematiche e scientifiche (35%), seguite dalle discipline umanistiche (31%), dall'educazione tecnica e tecnologica (18%), dall'educazione socio-economica (4%). Il 12% degli accompagnatori erano docenti di sostegno oppure personale educativo assistenziale per gli studenti disabili.

⁷ Il 51% dei partecipanti frequentava le scuole secondarie di primo grado e il 49% le scuole secondarie di secondo grado, quasi equamente distribuiti tra licei, tecnici e professionali. La composizione di genere ha visto un 53% di maschi e un 47% di femmine.

⁸ La rilevazione degli apprendimenti ha coinvolto 4 classi e un totale di 86 studenti, di cui 42 di scuola secondaria di primo grado (12-13 anni e 48% femmine) e 44 di scuola secondaria di secondo grado (17-18 anni e 51% femmine).

⁹ L'analisi degli effetti di breve e medio termine dell'intera attività promossa dal programma di ricerca-azione di Officina Emilia è ancora in corso e verrà presentata in un saggio in preparazione.

Complessivamente il progetto ha coinvolto 32 istituzioni scolastiche, di cui 17 primarie, 6 scuole secondarie di primo grado e 9 secondarie di secondo grado¹⁰.

Il principale effetto dell'attività sulle scuole è misurato dal numero di istituzioni scolastiche che hanno integrato i laboratori di Officina Emilia nella programmazione didattica generale, considerandoli come significativi "eventi stimolo", e facendoli diventare parte dell'offerta formativa comunicata alle famiglie. Tre scuole primarie, due scuole medie e una secondaria di secondo grado hanno compiuto questa scelta e rappresentano circa il 20% delle scuole coinvolte.

5.2 Effetto delle attività sui docenti

I laboratori di robotica, che sono stati descritti, hanno messo a disposizione dei docenti un'occasione per approfondire le loro conoscenze di base della tecnologia, del *coding*, della struttura economica e sociale del contesto locale e regionale. Inoltre, la metodologia laboratoriale ha rappresentato un esempio di didattica efficace e utilizzabile in numerosi percorsi di insegnamento. La grande maggioranza dei docenti coinvolti ha verificato la possibilità di acquisire conoscenze e capacità, apprezzate come strumenti per realizzare percorsi significativi di insegnamento e di apprendimento per gli studenti.

In alcuni casi, i docenti coinvolti nella realizzazione dei laboratori hanno manifestato un comportamento di estraneità e di rifiuto, sostenuto da numerose motivazioni, tra le quali spiccano il tipo di formazione universitaria, la disponibilità ad attraversare i confini delle singole discipline di appartenenza e una concezione dell'educazione tecnologica legata esclusivamente alla formazione professionale. La formazione universitaria in ambito umanistico caratterizza, sebbene non in modo totale ed esclusivo, il profilo dei docenti più critici. La formazione universitaria in ambito tecnologico e scientifico non è sufficiente a sostenere la motivazione dei docenti verso le innovazioni didattiche proposte con i laboratori di robotica. Infatti, la conoscenza della robotica necessita dell'attraversamento di confini tra saperi, ma anche di cambiamenti delle abitudini e il superamento di stereotipi molto radicati. C'è bisogno di cogliere le connessioni e le relazioni che esistono tra numerosi ambiti disciplinari e non tutti i docenti, indipendentemente dalla loro formazione iniziale, apprezzano questa via di crescita professionale. Infine, alcuni docenti che insegnano discipline ingegneristiche ed economiche, negli istituti tecnici e professionali, essendo abituati a promuovere specifiche conoscenze e abilità, direttamente spendibili nel lavoro, hanno manifestato difficoltà a lasciarsi coinvolgere in azioni educative rivolte a chiunque si prepari ad entrare nel lavoro, o semplicemente voglia approfittare delle potenzialità delle tecnologie digitali.

¹⁰ Negli anni in cui il laboratorio è stato più attivo non erano ancora molto diffusi gli Istituti comprensivi, quindi le scuole primarie erano ancora istituzioni separate dalle scuole dell'infanzia e dalle scuole secondarie di primo grado.

La Tabella 2 riassume i cambiamenti che i docenti hanno dichiarato nel questionario compilato dopo la loro partecipazione¹¹.

20%	Prima della partecipazione ha introdotto nelle classi l'attività del laboratorio rendendo espliciti i collegamenti con i contenuti delle discipline curriculari.
34%	Le attività del laboratorio sono un evento stimolo per gli studenti e questo favorisce l'introduzione di argomenti curriculari da parte dei docenti
28%	Le attività del laboratorio stimolano la curiosità degli studenti e favoriscono il miglioramento dell'attenzione verso le attività curriculari
12%	Le attività del laboratorio favoriscono le capacità degli studenti di orientarsi nelle scelte post scuola media e post diploma
83%	Dopo l'esperienza pensa di approfondire argomenti trattati nel laboratorio e/ o di introdurre argomenti connessi

Tabella 2

Percentuali di docenti che dichiarano alcuni effetti del laboratorio sulla loro attività didattica curricolare (N. 121), risposte multiple

Fonte. Elaborazione dei questionari dei docenti partecipanti ai laboratori di robotica di Officina Emilia

Solo un docente su cinque ha introdotto nelle classi le attività del laboratorio rendendo espliciti i collegamenti con i contenuti delle discipline curriculari. Sebbene questa percentuale, a partire da percentuali prossime allo zero, sia aumentata nel corso degli anni di attività del laboratorio, non ha mai raggiunto quote davvero importanti. La maggioranza dei docenti ha continuato a delegare agli operatori del laboratorio il carico di introdurre e rendere significativa la partecipazione degli studenti. Poco più di un terzo dei docenti coinvolti (34% in Tabella 2) ritiene che il laboratorio funzioni come evento stimolo e favorisca il loro lavoro quando devono introdurre nuovi argomenti legati alle tecnologie, alla matematica, al *coding* e alla conoscenza della struttura economica del territorio. Il 28% dei docenti (Tabella 2) ritiene che la partecipazione al laboratorio stimoli la curiosità e favorisca l'attenzione verso le attività curriculari. Il 12% (Tabella 2) vede nella partecipazione al laboratorio uno strumento adeguato a sviluppare negli studenti le capacità di scelta tra i percorsi di studio e di carriera.

La ricerca-azione si proponeva di verificare se e in quale misura nuovi contenuti potessero essere veicolati nell'azione quotidiana attraverso un coinvolgimento dei docenti in azioni di laboratorio con i loro studenti. Questa ipotesi risulta verificata, almeno nel tempo breve, tenuto conto che ben l'83% dei docenti pensa di approfondire argomenti trattati nel laboratorio oppure di introdurre argomenti ad esso connessi.

5.3 Effetto sulle conoscenze, sulle motivazioni e le attitudini degli studenti

La conferma dell'ipotesi che i laboratori di robotica sviluppino un insieme apprezzabile di conoscenze ed abilità è rilevabile dalla Tabella 3 che segue,

¹¹ Nell'elaborazione si utilizza una codifica alle risposte aperte date dai docenti. Non si tiene conto delle differenze tra le risposte dei docenti di scuole di diverso grado. Un quadro più dettagliato sarà disponibile nell'analisi completa relativa a tutti i laboratori di Officina Emilia, che è attualmente in corso.

basata sulla elaborazione delle interviste in profondità e delle risposte alle domande con risposte aperte del questionario per i docenti. Le parole chiave, rintracciate nelle interviste e nei questionari, sono state catalogate in cinque categorie: le soft skills, la creatività, la logica, le conoscenze sulle tecnologie, il lavoro e le imprese.

Abilità e conoscenze	Specifiche e caratteristiche
Abilità	
Soft skills	precisione, collaborazione, comunicazione, ordine, pulizia
Creatività	costruzione di artefatti, scelta tra forme differenti, uso dello spazio
Logica	classificazioni, diagrammi di flusso, algoritmi, pensiero computazionale
Conoscenze	
Tecnologia e lavoro	fasi di lavorazione, tecnologie di produzione, software nelle macchine e nei prodotti, storia delle tecniche, sviluppo economico
Lavoro e impresa	organizzazione del lavoro, storia del lavoro, sviluppo sociale, imprenditorialità

Tabella 3

Abilità e conoscenze sviluppate dagli studenti durante i laboratori di robotica
Fonte. Elaborazione delle interviste ai docenti partecipanti ai laboratori di robotica di
Officina Emilia (N. 28) e delle risposte alle domande aperte del questionario per i docenti
(N.121)

Tutti i docenti intervistati hanno riconosciuto che l'azione laboratoriale, cui gli studenti hanno partecipato, favorisce in modo quasi generalizzato la promozione di comportamenti di precisione, ordine e collaborazione, anche per gli studenti meno motivati. Altre conoscenze e abilità si sviluppano in modo meno massiccio. La persistenza degli effetti positivi sugli studenti dipende dalla possibilità di rinforzare i comportamenti, le conoscenze e le abilità sollecitate durante il laboratorio.

Per quello che riguarda gli apprendimenti, con particolare riferimento allo sviluppo delle conoscenze, i risultati dei test, sottoposti alle classi partecipanti con una strategia prima-dopo, pur avendo fornito risultati lusinghieri, anche per gli studenti meno brillanti, non sono statisticamente significativi, perché non sono attribuibili esclusivamente alle esperienze dei laboratori di robotica. Infatti, il questionario di rilevazione, molto semplice e con poche domande a risposta chiusa, non ha rilevato le altre componenti che determinano quei risultati, tra cui: la condizione sociale e l'esperienza scolastica pregressa degli studenti, la qualità e la quantità degli interventi didattici paralleli, le altre esperienze educative extrascolastica degli studenti. Sebbene non si possa contare sulla qualità di questi risultati, vale la pena notare che la partecipazione ai laboratori sviluppa (o consolida) alcune conoscenze di base, sia in merito alla struttura

tecnica di un robot, sia in merito alle connessioni sociali ed economiche derivanti dall'uso dei robot nel mondo del lavoro e nella vita quotidiana. È importante osservare che, seppure senza poterne misurare la validità statistica, non sono emerse differenze di genere né differenze per età degli studenti (13-14 anni e 17-18 anni).

Domande sulle conoscenze	% risposte corrette	
	Prima	Dopo
Un robot ha sempre e solo la forma di un umanoide?	15%	80%
Un robot ha bisogno di essere programmato?	31%	98%
Un robot usa uno o più sensori?	12%	99%
Un robot può sostituire il lavoro di una o più persone?	55%	87%
Negli ospedali si usano robot?	8%	97%
In Italia si producono robot?	5%	99%

Tabella 4

Risposte corrette fornite dagli studenti sulle loro conoscenze prima e dopo la partecipazione al laboratorio (N. 86)

Fonte. Elaborazione dei questionari sugli apprendimenti, per studenti delle scuole secondarie partecipanti ai laboratori di robotica

Per quanto riguarda l'attenzione e l'interesse si può fare riferimento ai questionari di gradimento compilati dagli studenti che hanno partecipato ai laboratori.

Sebbene oltre il 69% sia tra le studentesse che tra gli studenti esprima un grado di interesse elevato per il laboratorio (Tabella 5 e Tabella 6), le differenze di genere non vanno sottovalutate. Ci sono elementi, infatti, per confermare che le ragazze si mostrano meno disponibili a lasciarsi coinvolgere dall'esperienza delle tecnologie, abbandonandosi agli stereotipi che le circondano a scuola, in famiglia e nella società stessa.

L'interesse e la curiosità iniziali, prima di partecipare al laboratorio, è stata piuttosto elevata, ma emerge una prima differenza di genere: il 96,6% delle studentesse (Tabella 5) contro il 92,9% degli studenti (Tabella 6) si dichiarano interessati e curiosi. Gli scettici erano più presenti tra i maschi che tra le femmine, ma mentre gli studenti maschi, scettici o indifferenti, si sono lasciati coinvolgere ed esprimono un giudizio positivo sulla loro esperienza, una minoranza limitata (3,4%) di studentesse, scettiche e indifferenti all'inizio, esprime un grado di interesse basso anche dopo la partecipazione.

Studentesse	Dopo/ Grado di interesse			
Prima	basso	medio	elevato	Totale
ero curioso/a e interessato/a	1,1%	26,1%	69,3%	96,6%
solite cose/ mi era indifferente	3,4%	0,0%	0,0%	3,4%
Totale	4,5%	26,1%	69,3%	100,0%

Tabella 5

Risposte delle studentesse che hanno partecipato ai laboratori di robotica rispetto alle aspettative e al grado di interesse dopo la partecipazione (N. 88)
Fonte. Elaborazione dei questionari degli studenti partecipanti ai laboratori di robotica di Officina Emilia

Studenti	Dopo/ Grado di interesse			
Prima	basso	medio	elevato	Totale
ero curioso/a e interessato/a	0,0%	24,6%	68,3%	92,9%
solite cose/mi era indifferente	2,4%	4,0%	0,8%	7,1%
Totale complessivo	2,4%	28,6%	69,0%	100,0%

Tabella 6

Risposte degli studenti che hanno partecipato ai laboratori di robotica rispetto alle aspettative e al grado di interesse dopo la partecipazione (N. 126)
Tabella 6. Risposte degli studenti che hanno partecipato ai laboratori di robotica rispetto alle aspettative e al grado di interesse dopo la partecipazione (N. 126)
Fonte. Elaborazione dei questionari degli studenti partecipanti ai laboratori di robotica di Officina Emilia

	Studentesse	Studenti	Totale
Mi aspetto approfondimenti a scuola	43%	45%	44%
Mi aspetto approfondimenti individuali	25%	25%	25%
Non mi aspetto approfondimenti	22%	19%	20%
Altre risposte	1%	1%	1%
Non risponde	9%	10%	10%
Totale	100%	100%	100%

Tabella 7

Risposte degli studenti che hanno partecipato ai laboratori di robotica rispetto al desiderio di approfondire l'esperienza fatta (N. 497)
Fonte. Elaborazione dei questionari di gradimento degli studenti partecipanti ai laboratori di robotica di Officina Emilia

Ben il 44% dei partecipanti si aspetta un approfondimento a scuola (Tabella 7) e un quarto si aspetta di potere approfondire autonomamente. Solamente il 20% dei partecipanti (con una lieve maggiore presenza tra le studentesse) dichiara di non avere interesse verso ulteriori approfondimenti.

Su questi risultati ci si poteva aspettare una maggiore differenziazione di genere. Infatti, soprattutto la segmentazione di genere tra gli indirizzi della scuola secondaria superiore potrebbe spiegare differenti aspettative verso ulteriori approfondimenti a scuola. Se gli studenti degli indirizzi industriali possono ragionevolmente aspettarsi, date le discipline del loro piano di studi, che ci siano occasioni di approfondimento a scuola di tematiche di tipo tecnologico e legate alla struttura industriale del territorio, le ragazze che vogliano realizzare approfondimenti debbono contare maggiormente su risorse personali o extra scolastiche, perché frequentano, assai più dei loro colleghi maschi, gli indirizzi scolastici che non prevedono discipline tecnologiche.

Dalla Tabella 8 emerge un più chiaro elemento a favore della differenziazione tra i due generi. La percentuale di studenti che riconoscono di avere aumentato le conoscenze è decisamente più elevata tra i maschi (73%) che tra le femmine (67%).

	Studentesse 88	Studenti 126	Totale 214
N.			
Ha aumentato le mie conoscenze	67%	73%	71%
Non ha aumentato le mie conoscenze	33%	27%	29%

Tabella 8

Percentuale di studentesse e di studenti che dichiarano di avere nuove conoscenze a seguito della partecipazione al laboratorio¹²

Fonte. Elaborazione dei questionari di gradimento degli studenti partecipanti ai laboratori di robotica di Officina Emilia

La valutazione complessiva della partecipazione al laboratorio di robotica è eccellente sia per i maschi che per le femmine, attestandosi per entrambe i gruppi sul voto medio di 9 decimi (Tabella 9). Vale la pena rilevare che la valutazione media su tutta la popolazione dei partecipanti non varia tra i maschi e le femmine, ma varia in relazione alla percezione dei singoli sull'aumento delle proprie conoscenze. Chi ha un giudizio positivo sulle conoscenze acquisite nel laboratorio valuta l'attività di laboratorio (9,4 decimi in Tabella 9) oltre un decimo in più rispetto agli studenti che non riconoscono un aumento di conoscenze (8,3 decimi in Tabella 9). Ciò vale sia per gli studenti che per le studentesse. La valutazione media minima è rilevata tra le studentesse che non riconoscono un aumento di conoscenze a seguito della partecipazione al laboratorio.

¹² La domanda non è stata posta nello stesso modo in tutti i questionari di gradimento e per questo l'elaborazione si riferisce solo ad una parte dei questionari.

	Studentesse	Studenti	Totale
Voto medio assegnato da chi dichiara "Non ha aumentato le mie conoscenze"	8,2	8,4	8,3
Voto medio assegnato da chi dichiara "Ha aumentato le mie conoscenze"	9,3	9,4	9,4
Voto medio rilevato per tutti i partecipanti (N. 497)	9,0	9,0	9,0

Tabella 9

Voto medio di gradimento (in decimi) e giudizio sulle conoscenze apprese (N. 214)
Fonte. Elaborazione dei questionari di gradimento degli studenti partecipanti ai laboratori di robotica di Officina Emilia

6. Considerazioni finali

L'esperienza presentata sembra mostrare che le attività didattiche che prevedono azioni concrete aiutano l'immaginazione e predispongono positivamente verso apprendimenti di natura tecnologica. Questi risultati mettono in evidenza una certa differenza di genere. È noto in letteratura [42] che le bambine e le ragazze si avvicinano alle tecnologie con maggiore disinteresse e rischiano di non essere adeguatamente sostenute nemmeno dai docenti, a loro volta in maggioranza donne, che alimentando titubanze e dubbi sulla necessità di avere competenze tecnologiche.

L'esperienza di Officina Emilia, con i laboratori di robotica, ha consentito di verificare la possibilità di aprire nuovi spazi educativi, che consentano ai giovani di collegare meglio ciò che fanno a scuola e nei laboratori con l'esperienza degli adulti nei posti di lavoro, affrontando anche la comprensione delle tecnologie. La valutazione dei laboratori di robotica consente di affermare che i risultati positivi osservati derivano non solo dall'uso didattico di materiali di micro-robotica, ma da un insieme di almeno tre elementi che hanno caratterizzato i laboratori. L'esperienza di educazione robotica si è avvantaggiata della costruzione di esperienze, individuali e di piccolo gruppo, di tipo *hands on*, che rafforzano pratiche induttive, capacità di osservazione critica, costruzione di feedback e capacità relazionali di lavoro comune. In secondo luogo, le attività che rendono esplicite le relazioni tra gli apprendimenti del laboratorio e la conoscenza del territorio, nelle sue caratteristiche tecnologiche, economiche e sociali, hanno costruito uno sfondo significativo che ha attirato l'attenzione e l'interesse. Infine, i laboratori di robotica derivano la loro efficacia anche dall'ambiente entro cui si sono realizzati: il Museolaboratorio evocativo delle produzioni industriali meccaniche. La possibilità di toccare con mano i macchinari, i materiali, i semilavorati e i prodotti, insieme al materiale informativo multimediale sugli ambienti di lavoro, ha sostenuto l'interesse verso le tecnologie, il lavoro umano e la sua organizzazione. Specie per gli studenti più grandi, la partecipazione ai laboratori di robotica ha aperto le porte al desiderio di approfondimento.

Il programma di ricerca-azione di Officina Emilia con le scuole, in particolare con i laboratori di robotica, ha dato un contributo che è stato riconosciuto dai docenti con riferimento a tre ambiti principali. Il primo riguarda la costruzione di strumenti adeguati per attirare l'attenzione e l'interesse delle giovani generazioni verso la matematica, le scienze, le tecnologie e l'ingegneria, campi di studio e di esperienza rilevanti per il futuro lavorativo, oltre che per la partecipazione consapevole alle scelte collettive. Il secondo ambito riguarda il sostegno all'innovazione dei programmi di lavoro didattico che gli insegnanti realizzano nella scuola, verso la costruzione di un curriculum capace di mettere al centro, come uno speciale oggetto di comprensione, le caratteristiche sociali ed economiche del contesto, quindi le tecnologie, le forme del lavoro e le tipologie di organizzazione delle imprese. Il terzo ambito è quello specifico del triangolo della conoscenza¹³ e, in particolare, il programma di ricerca-azione ha contribuito a definire modalità sperimentate e validate per costruire efficaci e fruttuose connessioni tra la programmazione didattica delle scuole e il funzionamento delle istituzioni, delle imprese e delle organizzazioni nella società.

Bibliografia

- [1] Harel I., and Papert S. (eds) (1991), *Constructionism*, Norwood. New Jersey. Ablex.
- [2] Vygotskij L. S. (1962), *Thought and Language*, Cambridge Mass. M.I.T. Press
- [3] Dewey, J. (1916), *Democracy and Education: An Introduction to the Philosophy of Education*, New York, Macmillan.
- [4] Lave, J., E. Wenger (1991), *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. London. Cambridge University Press.
- [5] International Technology and Engineering Educators Association, ITEEA (2007), *Standards for Technological Literacy. Content for the Study of Technology*. Reston, VA: ITEA.
- [6] OECD. 2009. *Creating Effective Teaching and Learning Environments: First Results from TALIS*. Paris: OECD.
- [7] Hutchings, M., M. Fulop, and A. M. Van den Dries, eds. 2001. *Young People's Understanding of Economic Issues in Europe*. Stoke on Trent UK: Trentham Books.
- [8] Chatel, E. 2010. "Economics as Social Science in French Lycees: A Programme Shaped by the Evolution of a School Discipline." *Journal of Social Science Education* 9 (2): 52–63.
- [9] Baskette, K. G. (2013), "Technological Literacy for All: A Course Designed to Raise the Technological Literacy of College Students." *Journal of Technology Education* 25 (1).

¹³ Si veda il programma di ricerca messo a punto dall'OECD [43] e presentato nel convegno a Parigi, settembre 2016 [44].

- [10] Bellmann, L., and O. Hubler. 2014. "Skill Shortage in German Establishments." *IZA Discussion Paper*, no. 8290.
- [11] Azevedo, A., G. Apfeltharer, and D. Hurst. 2012. "Competency Development in Business Graduates: An Industry-Driven Approach for Examining the Alignment of Undergraduate Business Education with Industry Requirements." *The International Journal of Management Education*, no. 10: 12–28.
- [12] Bosch, G., and J. Charest, eds. 2010. *Vocational Training International Perspectives*. New York: Routledge.
- [13] Barber, J. (2003), "The Informally Trained Mechanic Skill Acquisition in the Workplace." *Journal of Vocational Education and Training* 55 (2): 133–48.
- [14] Grubb, N. W. 1996. *Working in the Middle. Strengthening Education and Training for the Med-Skilled Labour Force*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- [15] Russo M., Mengoli P. (2017), A hybrid space to support the regeneration of competences for re-industrialization. Lessons from a research-action, in Montanari F., Sgaragli F., Teloni D. (eds.), *Cities as engines of innovation: A transatlantic journey EU-USA*, Quaderni Fondazione G. Brodolini, n 59: 39-53, Roma
- [16] Russo, M., Mengoli, P. (2012), *Innovazione nei sistemi educativi per migliorare la qualità dell'istruzione*, Economia & Lavoro, Vol. 1: 7-23
- [17] Ghose, R., M. Mattioli; M. Russo (2013), *Homm-sw. Networks-of-stories to value tangible and intangible heritage in museum* (Digital Heritage 2013 - Marseille, France - 29.10-01.11 2013) (*Proceedings of the 1st International Conference on Digital Heritage*) (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., Piscataway, NJ Piscataway, NJ USA), Vol 1.
- [18] Russo, M., Mengoli P. (2014) - Education with micro-robots and innovation in education (4th International Workshop "Teaching Robotics & Teaching with Robotics" (2014) - Padova, Italia - July18, 2014) (Proceedings of 4th International Workshop "Teaching Robotics & Teaching with Robotics" & 5th International Conference "Robotics in Education" 2014) (IT+Robotics srl Vicenza): 152-159
- [19] Russo, M. ed., in collaboration with Pozzoli S. and Tantillo F. (2016), *Documenting work through videos. A project by Officina Emilia with nine engineering firms in the province of Modena (2008-2010)*, DEMB WP Series, n. 93
- [20] Russo, M. (2015), Distretti, piccole imprese e sapere diffuso nei sistemi produttivi della meccanica, M. Salvati e L. Sciolla (a cura di), *L'Italia e le sue regioni: l'età repubblicana. V. II: Territori*, Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma, pp. 147-160 ISBN: 9788812005314
- [21] Mengoli P., G. Dente, D. Teloni, G. Damioli (2013), *Vocational Education and Training in Italy*, FGB Working Paper, n.3, ISBN 978-88-95380-13-1

- [22] Papert, S. (1993), *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*. New York: Perseus Books Group.
- [23] Jonassen, D. H., and L. Rohrer-Murphy. 1999. "Activity Theory as a Framework for Designing Constructivist Learning Environments." *Educational Technology Research and Development* 47 (1): 61–79.
- [24] Dewey, J. 1933. *How We Think: A Restatement of the Relation of Reflective Thinking to the Educative Process*. Boston: Houghton Mifflin.
- [25] De La Garanderie, A. 1996. *La Motivation Son Eveil Son Développement*. Paris: Bayard editions.
- [26] www.exploratorium.edu/about/our-story visitato il 14 settembre 2017
- [27] Quin, M. 1990. "What Is Hands-on Science, and Where Can I Find It?" *Physics Education* 25 (5): 243.
- [28] Polishuk A., Verner I. (2017), Student-Robot Interactions in Museum Workshops: Learning Activities and Outcomes, In: Merdan M., Lepuschitz W., Koppensteiner G., Balogh R. (eds) *Robotics in Education. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 457. Springer, Cham
- [29] <https://tinkering.exploratorium.edu/> visitato il 14 settembre 2017
- [30] <http://roberta-home.de/en> visitato il 14 settembre 2017
- [31] www.officinaemiliaconlescuole.it/ visitato il 14 settembre 2017
- [32] Pozzoli, S. (2009), I luoghi, le persone, le macchine, il lavoro, Videoinstallazione per il Museolaboratorio di Officina Emilia, Università di Modena e Reggio Emilia
- [33] <http://www.officinaemiliaconlescuole.it/it/203/robot-cocco-drillo/show/48/186> e <http://www.officinaemiliaconlescuole.it/it/203/un-robot-che-segue-una-linea/show/48/246> visitati il 29 dicembre 2017
- [34] Kurt, Y. M. (2001) "The Effect of a Computer Simulation Activity versus a Hands-on Activity on Product Creativity in Technology Education." *Journal of Technology Education* 13 (n.1): 31–43.
- [35] Koehler, M. J., and P. Mishra. 2005. "What Happens When Teachers Design Educational Technology? The Development of Technological Pedagogical Content Knowledge." *Journal Educational Computing Research* 32 (2): 131–52.
- [36] Garris, R., R. Ahlers, and J. E. Driskell. 2002. "Games, Motivation and Learning: A Research and Practice Model." *Simulation And Gaming*, no. 33: 441–67.
- [37] http://www.officinaemilia.unimore.it/site/home/oe-con-le-scuole/laboratori_online/un-robot-che-va-scuola.html visitato il 14 settembre 2017
- [38] Zanelli, P. 1986. *Uno "Sfondo" per Integrare*. Bologna: Cappelli.
- [39] Benitti Barreto Vavassori, F. 2012. "Exploring the Educational Potential of Robotics in Schools: A Systematic Review." *Computers and Education* 58 (3): 978–88.

[40] Bredenfelt A., A. Hofmann, and G. Steinbauer (2010), "Robotics in Education Initiatives in Europe: Status, Shortcomings and Open Questions." in Proceeding of SIMPAR Workshops, November 15.

[41] Kandlhofer, M., and G. Steinbauer. 2014. "Evaluating the Impact of Robotics in Education on Pupils' Skills and Attitudes." *Proceeding of the 4th International Workshop Teaching Robotics. Teaching with Robotics & 5th International Conference Robotics in Education*, 101–9.

[42] Ajello, A. M. (2002), "Le differenze di genere negli studi su apprendimento e sviluppo." *POLITE. Saperi e Libertà*.

[43] OECD (2017), *Knowledge Triangle*, Springer

[44] <https://www.oecd.org/sti/inno/Knowledge-Triangle-agenda.pdf> visitato il 14 settembre 2017

Biografie

Paola Mengoli economista, consulente per le politiche formative e ricercatrice del CAPP dell'Università di Modena e Reggio Emilia. Ha maturato esperienze di analisi dei sistemi formativi a livello nazionale e internazionale. Ha contribuito alla progettazione e alla realizzazione delle attività di Officina Emilia fin dal 2000. Ha ideato e diretto il laboratorio didattico di Officina Emilia ed è impegnata in progetti di ricerca nel campo della valutazione dei risultati quantitativi e qualitativi del sistema educativo.

E-mail: paola.mengoli@unimore.it.

Margherita Russo, Professore Ordinario di Politica Economica, Università di Modena e Reggio Emilia. Ha diretto progetti di ricerca sull'industria meccanica in Italia, sulla valutazione delle politiche dell'innovazione e sugli effetti socioeconomici del terremoto del 2012 in Emilia. Dal 2000 al 2015 ha diretto il progetto di ricerca-azione Officina Emilia. Ha pubblicato saggi su processi di innovazione e reti di competenza, effetti dell'innovazione sull'organizzazione del lavoro, struttura e cambiamento nei sistemi produttivi locali, valutazione delle politiche dell'innovazione.

E-mail: margherita.russo@unimore.it

L'uso ludico-didattico dei robot in pediatria.

Una ricerca esplorativa sul benessere dei bambini ricoverati

M. Castiglioni, G. Zappa, A. Pepe¹

Sommario

Scopo dello studio è valutare, mediante un piano d'indagine a matrice quali-quantitativa, l'impatto di un intervento ludico-didattico effettuato con il robot CoderBot presso un reparto di pediatria per degenze brevi. I risultati della ricerca, tuttora in corso, supportano l'idea che l'attività con il robot sortisca effetti positivi sul benessere emotivo dei partecipanti. Si rileva un effetto significativo dell'età sui punteggi rilevati prima e dopo l'attività: l'intervento appare «ottimale» per la fascia 4-10 anni. Dai dati qualitativi si evince che l'attività robotica ha come punti di forza novità e appeal tecnologico.

Abstract

Through a mixed-method research design, this study aimed at evaluating the impact of an educational play-based intervention with a CoderBot robot, in a pediatric short-term recovery ward. Results supported the idea that robot-based activities were associated with increased participant wellbeing (positive emotions). A statistically significant effect of age on scores was found: the activity seemed to be «optimal» for 4-10 years old children. Qualitative data highlighted that robot-based interventions were described by participants as new and technologically appealing.

Keywords: Educational Robotics, Edutainment, CoderBot, Robots in Hospitals, Pediatrics, Hospitalized children, Children's wellbeing, Positive emotions, Mixed-method, Quali-quantitative methods.

¹ Gli autori ringraziano Edoardo Datteri per la preziosa e fattiva collaborazione nell'ideare e condurre lo studio sul campo e per i suggerimenti forniti in fase di stesura dell'articolo.

1. Introduzione

Il presente lavoro si focalizza sull'uso di robot quali strumenti per migliorare il benessere dei bambini ricoverati in reparti di pediatria. Sebbene da decenni esista una vasta e consolidata letteratura sull'ospedalizzazione infantile (specie quella prolungata) e sui vari effetti psicologici che essa esercita sul bambino, sulle relazioni tra famiglia e personale ospedaliero, sulla «scuola in ospedale», sulla clownterapia e su altri interventi di carattere ludico a sostegno del benessere psico-fisico dei bambini [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] e nonostante l'uso di tecnologie robotiche appaia sempre più diffuso nei contesti sanitari e in ambito ospedaliero con svariate finalità, che vanno dalla chirurgia alla riabilitazione [10], ancora piuttosto scarsa appare a oggi la letteratura specifica sull'utilizzo della robotica nei reparti di pediatria a scopo ludico-educativo.

Tra le esperienze condotte in quest'ambito va ricordata quella di Messias et al. [11], che descrivono una piattaforma robotica dedicata all'edutainment in reparti pediatrico-oncologici sviluppata in Portogallo all'interno del progetto MONarCH. Le ricerche finora prodotte all'interno di tale interessante e innovativo progetto sembrano però essere focalizzate primariamente sulle caratteristiche *tecniche* che i robot devono avere per potere essere utilizzati in questi contesti altamente vincolati, tanto sul piano fisico quanto su quello sociale. Dando per assodato il presupposto che l'uso di robot ludico-educativi svolga comunque un ruolo positivo per il benessere psico-fisico dei piccoli degenti, la trattazione degli autori citati è prevalentemente focalizzata su problemi di programmazione e su aspetti tecnico-realizzativi (es. capacità di movimento del robot, livello di autonomia e interattività) di tipo robotico-ingegneristico. Gli aspetti più prettamente psicologici (cognitivi, emotivi, relazionali, sociali ecc.) riguardanti il bambino ricoverato restano per ora sullo sfondo. In tal senso il progetto non sembra a oggi avere prodotto evidenze empiriche rigorose rispetto a questo campo specifico di applicazione della robotica a sostegno della sua efficacia sui piccoli degenti.

Alcune interessanti esperienze condotte nella regione Veneto prestano maggiore attenzione alle ricadute psico-sociali ed emotive dell'interazione ludica tra bambino e robot. A partire dall'analisi dei fattori critici che caratterizzano la condizione del bambino ospedalizzato e che possono influire negativamente sull'efficacia terapeutica e sul rapporto con i medici curanti, Baroni e Nalin [12] conducono un'interessante disamina sui possibili usi della robotica come «terapia di compagnia», ponendola a confronto con la *pet therapy*. Per ovvie difficoltà igienico-sanitarie non è facile introdurre animali in un reparto ospedaliero; di qui l'idea d'introdurre robot antropomorfi, che –avendo un aspetto umanoide e comportandosi come esseri viventi- potrebbero essere in grado, come gli animali nella *pet therapy*, di contribuire a ridurre il livello d'ansia e di stress dei bambini ricoverati, nonché di migliorarne la risposta ai trattamenti, il senso di auto-efficacia e il grado di motivazione alla cura. A tal proposito appare significativa la ricerca condotta da Nalin et al. [13] sulle aspettative e sulle rappresentazioni dei bambini nei confronti di robot umanoidi, dalla quale emerge che i piccoli attribuiscono ad essi caratteristiche

psicologiche quali la capacità di provare emozioni, quella di mettere in atto comportamenti pro-sociali, nonché l'avere amici e una famiglia.

Nel corso del 2016 presso l'Ospedale di Padova sono state realizzate, sotto la supervisione del Dipartimento di Salute della donna e del bambino dell'Ateneo patavino, altre due esperienze molto promettenti di robotica in pediatria². La prima, denominata progetto *Baby Goldrake* e realizzata con la collaborazione del liceo scientifico "Enrico Fermi" della città veneta, ha visto l'utilizzo nel reparto di chirurgia pediatrica e nelle aule della scuola in ospedale del robottino umanoide Nao, opportunamente programmato per svolgere attività ludiche con i bambini ricoverati. La seconda (realizzata con la collaborazione del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e della Fisher Italy) ha impiegato lo stesso robot con la funzione di "terapia non farmacologica" per la gestione dell'ansia dei bambini sottoposti a procedure invasive effettuate presso il reparto di cure palliative e terapia antalgica pediatrica dell'azienda ospedaliera di Padova. Le "terapie non farmacologiche", che comprendono un'ampia gamma d'interventi (di tipo cognitivo, comportamentale, fisico, interattivo...) [14] [15] hanno infatti lo scopo di ridurre l'ansia e la paura e, conseguentemente, la quantità di sedativi da somministrare ai bambini prima di esami dolorosi e invasivi, quali biopsie ed endoscopie. Nao dapprima accoglieva i piccoli pazienti nella stanza e, prendendoli per mano, li accompagnava fino al letto; poi, a seconda delle loro richieste, era in grado di intrattenerli suonando, cantando, ballando e raccontando loro storie. Si tratta di un'esperienza innovativa: l'unico precedente riportato in letteratura è quello realizzato presso la facoltà di Medicina della Università di Calgary da Beran et al. [16] con bambini sottoposti a vaccinazione. I dati raccolti in entrambi gli studi appaiono incoraggianti, sebbene per ora siano relativi a un numero limitato di soggetti e quindi non suscettibili di generalizzabilità statistica. Da notare che l'impiego della robotica come terapia non farmacologica sembra avere maggiore efficacia tra i maschi della fascia di età compresa tra i 7 e i 10 anni.

I progetti fin qui richiamati, tuttora in via di realizzazione, rappresentano un chiaro segnale del crescente interesse verso l'uso di robot finalizzati a migliorare il benessere dei bambini ospedalizzati. All'interno di questo filone di ricerca si colloca anche il presente contributo, i cui obiettivi e metodi saranno descritti nelle sezioni seguenti.

2. Obiettivi dello studio

Lo studio sul campo qui presentato (tuttora in corso) ha carattere esplorativo e si configura come progetto-pilota per la messa a punto di ulteriori future ricerche. Esso si propone il duplice obiettivo di:

- a. valutare se l'attività di telecontrollo di un robot mobile a fini ludico-didattici influenzi positivamente le *emozioni* dei bambini ricoverati;

² Di tali esperienze al momento della stesura del presente lavoro si trovano alcuni resoconti sul web ma non ancora riferimenti bibliografici puntuali censiti nelle banche dati bibliografico-scientifiche. Si veda per esempio <http://www.unipd.it/ilbo/robot-compagno-giochi> e www.unipd.it/ilbo/nao-robot-che-aiuta-bambini-ospedale.

- b. confrontare l'esperienza di gioco robotico con le «tradizionali» attività ludiche e d'intrattenimento generalmente svolte nella «sala giochi» dei reparti pediatrici.

Il piano di indagine è a matrice mista qualitativa-quantitativa, che prevede da una parte la somministrazione di questionari a risposta chiusa per i partecipanti alle attività con il robot e, dall'altra, la richiesta fatta ad alcuni operatori che si dedicano all'intrattenimento dei piccoli degenti di rispondere a domande aperte in forma scritta. Tale approccio permette da un lato di verificare se e in che direzione le attività di gioco con il robot influenzino le emozioni dei bambini nonché il gradimento generale espresso verso di esse da parte di questi ultimi; dall'altro di capire le opinioni e i suggerimenti degli operatori rispetto alle attività robotiche svolte, ponendole a confronto con quelle normalmente condotte nella sala giochi dei reparti pediatrici.

3. Metodo

3.1 Partecipanti e contesto

Lo studio è stato condotto coinvolgendo 40 bambini ricoverati presso un reparto ospedaliero del territorio milanese. Il campione risulta bilanciato per il genere (55.6% maschi) e presenta un'età media di circa 8 anni (età media = 95 mesi, deviazione standard = 34.1).

I bambini sono ricoverati per patologie diverse, rilevate attraverso l'analisi delle cartelle cliniche (il dettaglio delle motivazioni alla base del ricovero è presentato in Figura 1). Si tratta dunque di un campione di convenienza, per il quale sono stati previsti come unici criteri di inclusione la degenza nella struttura ospitante e l'età dei bambini (i pazienti del reparto comprendono un *range* di età che va dai neonati fino ai ragazzi alla soglia della maggiore età).

Tali criteri, se da un lato non permettono di collocare il presente studio nella tradizione degli studi quasi-sperimentali, dall'altro lato si ispirano alle logiche *evidence-based*, consentendo così una maggiore validità ecologica e un migliore adattamento alle caratteristiche peculiari del contesto [17] [18].

Il contesto dove si è realizzato lo studio ha posto infatti molti vincoli rispetto al piano di ricerca originario. In primo luogo, nella struttura ospitante si effettuano ricoveri molto brevi (in media 2-3 giorni). Ciò ha permesso di condurre solo un'esperienza «*one shot*», anziché un percorso articolato in più fasi e un'interazione prolungata con il robot, come invece sarebbe stato possibile per esempio in un reparto di oncologia pediatrica (si veda il Progetto MONARCH). In secondo luogo, al fine di disporre di uno spazio dedicato all'attività con il robot, è stata messa a disposizione la sala medici, utilizzabile solo nella fascia pomeridiana. Date le dimensioni e la struttura interna del locale, ciò ha implicato la necessità di effettuare soltanto *attività individuali* e non attività di gruppo, come invece inizialmente ipotizzato. Ciò si aggiunge all'eterogeneità dei partecipanti, sia rispetto all'*età* (4-14 anni) sia al *tipo di patologia*.

La conduzione dell'attività con il robot e la somministrazione degli strumenti è stata effettuata nel reparto da ricercatori formati *ad hoc*. Date le peculiarità del

contesto, particolare attenzione è stata dedicata durante tutto il percorso al benessere psicologico dei partecipanti. I dati sono stati raccolti in forma anonima ed aggregata dopo aver ricevuto l'assenso (consenso informato e liberatorie) da parte dei genitori dei bambini ricoverati, previ accordi con il primario e *placet* della direzione sanitaria della struttura ospitante.

La ricerca è stata condotta in accordo alle norme etiche di comportamento esplicitate dall'American Psychological Association [19] e dal Codice Etico della ricerca psicologica [20].

Per la parte qualitativa dello studio sono stati infine coinvolti 4 operatrici dell'Associazione Bambini in Ospedale (ABIO) che collaborano su base volontaria alle attività svolte presso la sala giochi del reparto pediatrico.

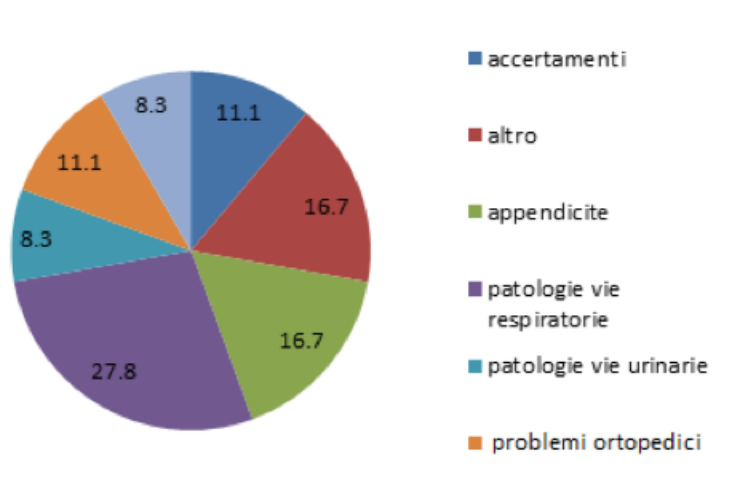


Figura 1
Dettaglio delle motivazioni per il ricovero dei partecipanti

3.2 Strumenti e procedure

In conformità con il piano a matrice mista dell'indagine, sono stati utilizzati due tipologie di strumenti, quantitativi e qualitativi, descritti nelle sezioni seguenti.

Le finalità dei due questionari quantitativi somministrati ai bambini partecipanti erano: a) la rilevazione del cambiamento del loro profilo emotivo pre-post esperienza con il robot; b) la rilevazione del loro gradimento dell'attività con il robot. I bambini più piccoli (4-6 anni) potevano a richiesta svolgere sia la compilazione dei questionari sia l'attività con il robot alla presenza di un genitore, il quale era però tenuto a interferire il meno possibile con quanto il bambino faceva. Per i bambini non italofofoni (tutti, per fattori casuali, di età compresa tra i 4 e i 6 anni), i genitori presenti fungevano anche da traduttori.

La finalità dello strumento qualitativo, consistente in una serie di domande aperte rivolte per iscritto alle operatrici ABIO, è invece quella di indagare le loro opinioni sull'attività robotica ponendola a confronto con le consuete attività condotte in sala giochi.

3.2.1 Strumenti quantitativi

Al fine di monitorare l'efficacia e le reazioni dei partecipanti all'intervento sono state somministrate due batterie di item: una dedicata alla rilevazione del cambiamento dello stato emotivo dei bambini (B1) e una dedicata alla valutazione (gradimento) dell'attività svolta (B2).

La prima batteria di domande (B1) prevede 5 polarità (*felice-triste, forte-debole, interessato-annoiato, calmo-agitato e tranquillo-spaventato*) che hanno l'obiettivo di monitorare lo stato emotivo del bambino prima (t_0) e dopo (t_1) l'attività svolta. La modalità di risposta segue le modalità di raccolta delle informazioni tipiche del differenziale semantico [21] e prevede che il rispondente segnali su una scala di risposta tipo Likert (range 1-5) la vicinanza/lontananza rispetto a ciascuno dei due poli semantici (ad esempio "felice vs. triste" o "utile vs. inutile" ecc.). L'affidabilità generale della scala è risultata buona ($\alpha = .847$). Questo strumento è stato somministrato poco prima dell'inizio dell'attività con il robot (pre-test) e subito dopo averla effettuata (post-test), al fine di misurare le eventuali differenze tra le due rilevazioni riguardanti lo stato emotivo del bambino.

La seconda batteria di domande (B2) è invece composta da sei polarità (*facile/difficile, utile/inutile, bella/brutta, divertente/noiosa, gradevole/sgradevole, nuova/vecchia*) che hanno l'obiettivo di raccogliere le reazioni relative all'attività appena svolta. In questo caso, i dati sono raccolti solo al termine dell'intervento in reparto. L'affidabilità di B2 è risultata pari a .91.

Considerando l'età dei partecipanti, ai bambini al di sopra dei 6 anni di età è stata somministrata la modalità di risposta tipo Likert tradizionale (scala ordinale con valori numerici) visto che le performance risultano essere già affidabili per quella fascia di età [22]. Al di sotto dei 6 anni invece è stata utilizzata una modalità di risposta di tipo analogico-visuale (Figura 2). I due punteggi sono stati successivamente uniformati attraverso le comuni pratiche di normalizzazione dei dati [23].

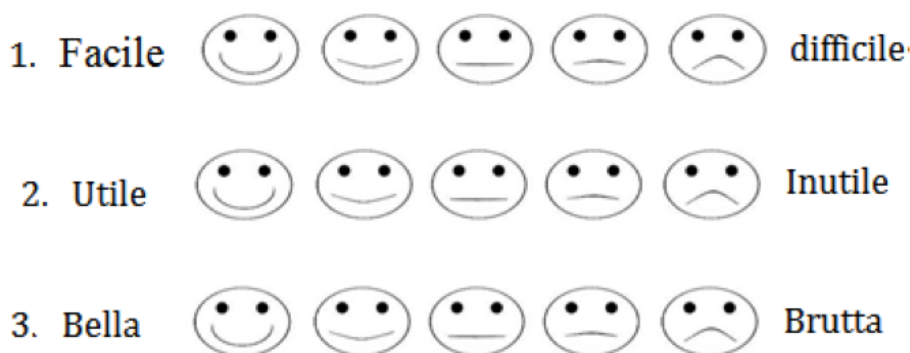


Figura 2

Esempio di modalità di risposta (B2) per i partecipanti al di sotto dei 6 anni di età.

3.2.2 L'indagine qualitativa

Alle quattro operatrici ABIO che hanno potuto assistere allo svolgimento dell'attività con il robot sono state rivolte in forma scritta 5 domande aperte, alle quali esse hanno risposto liberamente e in forma anonima al termine dello svolgimento dell'esperienza. Le aree indagate dalle domande aperte riguardano: a) una descrizione preliminare del profilo-tipo di un bambino a suo agio nel reparto pediatrico e al contrario quello di un bambino a disagio; b) l'adeguatezza dell'attività robotica rispetto agli spazi fisici ad essa dedicati all'interno della struttura; c) la percezione degli operatori circa l'interesse manifestato dai bambini rispetto al gioco con il robot; d) i punti di forza e i limiti dei robot rispetto ai giochi e ai materiali generalmente usati nel setting ludico ospedaliero; e) il tipo di attività proposta, ovvero, ipotizzando che l'operatore avesse dovuto organizzare un'attività ludica utilizzando il robot, quali cambiamenti eventualmente avrebbe apportato.

4. Il robot e l'attività proposta

Il robot utilizzato è un esemplare di "CoderBot" (www.coderbot.org), un robot "open source" dotato di telecamera e sensori a ultrasuoni, teleoperabile attraverso una semplice interfaccia web e programmabile attraverso linguaggi grafici e testuali di vario tipo. Ha la forma di un piccolo veicolo dotato di una struttura in legno con due ruote motrici anteriori indipendenti e un terzo punto di appoggio posteriore costituito da una sfera libera; *non* ha dunque un aspetto umanoide o antropomorfo, né quello di un animaletto, a differenza dei robot utilizzati in alcuni degli studi citati sopra.

L'attività proposta consisteva nella conduzione del robot attraverso un percorso a ostacoli. Essa veniva svolta *individualmente* (ossia un bambino alla volta, alla presenza di una ricercatrice in veste di "facilitatrice" ed eventualmente di un genitore e, quando possibile, di un operatore ABIO in funzione di osservatori) nello spazio riservato in sala medici. Gli ostacoli erano costituiti da frutti disposti sul pavimento. La difficoltà del percorso cresceva in relazione all'età: per i bambini di età prescolare erano presenti 3 ostacoli, che dovevano essere semplicemente evitati dal robot; per quelli tra 6 e 8 anni erano invece presenti 5 ostacoli sul percorso che doveva essere seguito secondo la direzione indicata da apposite frecce; ai più grandi (9-14 anni) veniva infine proposto un percorso che si sviluppava per gradi crescenti di difficoltà, con 11 ostacoli più distanziati nella prima parte e più ravvicinati nella seconda.

Il robot era comandato attraverso un'interfaccia PC, controllata attraverso un mouse. I partecipanti potevano osservare sia direttamente il comportamento del robot disposto sul pavimento, sia l'immagine acquisita dalla telecamera frontale del robot e riprodotta in tempo reale sullo schermo del PC. In caso di *impasse*, la conduttrice supportava i partecipanti attraverso la formulazione di domande atte a stimolarne la riflessione (secondo un approccio "maieutico" d'impronta rogersiana), evitando così di suggerire soluzioni che dovevano essere comunque trovate dal bambino. Eventuali altri adulti presenti (genitori, operatrici ABIO) non potevano intervenire in proposito.

La durata totale dell'attività era di circa 20 minuti. Dopo una prima fase di familiarizzazione con le regole del gioco, i bambini dovevano condurre il robot, utilizzando dei pulsanti di telecomando ("avanti", "indietro", "destra", "sinistra", che impartivano i corrispondenti comandi per tutto il tempo in cui il pulsante risultava premuto), lungo il suddetto percorso ad ostacoli, realizzato su cartellone posto sul pavimento della sala.

5. Analisi dei dati

In accordo con le comuni pratiche di analisi dei dati nelle scienze sociali [24], le variabili di interesse sono state valutate per quanto riguarda i valori di asimmetria e curtosi al fine di valutare la distribuzione dei punteggi ed individuare potenziali violazioni agli assunti di normalità. I dati sono stati anche esplorati al fine di identificare outliers uni- e multi-variati; il criterio utilizzato è la distanza di Mahalanobis [25] con valore $p < .001$. Sono stati identificati ed eliminati dalle analisi quattro casi (due ricoverati per appendicectomia e due per tonsillectomia, tutti di età inferiore ai 6 anni).

Al fine di verificare se le variazioni dei punteggi relativi allo stato emotivo (B1) presentano un adeguato livello di significatività statistica supportando così l'ipotesi di efficacia dell'intervento sugli stati emotivi, lo studio di decorso (Δt_0-t_1) è stato condotto attraverso il confronto delle medie per misure ripetute [26]. Tali analisi permettono di valutare la dimensione delle variazioni dei punteggi e determinare sia il livello di significatività statistica [27] sia la potenza degli effetti (*effect size*) [28].

Per quanto riguarda la possibilità di valutare gli effetti dell'età sul profilo emotivo e le reazioni all'intervento, i dati sono stati analizzati seguendo due traiettorie. Per le informazioni trasformative degli stati emotivi (B1) è stato possibile applicare un modello lineare generalizzato *within-subjects* per misure ripetute, covariato per la variabile età.

Per i dati relativi alla valutazione (gradimento) dell'intervento (B2) da parte dei partecipanti si è invece optato per uno studio correlazionale di ordine-zero in relazione alla variabile età. Al fine di compensare il rischio di errori di I tipo, è stata adottata una correzione Bonferroni al livello di significatività statistica (p) che risulta pari a .025 [29]. Per quanto riguarda la *potenza degli effetti* [30], l'effetto è considerato 'grande' per valori superiori a .50, 'medio' per valori superiori a .30, 'piccolo' per valori superiori a .10 e 'trascurabile' per effetti inferiori .10.

6. Risultati

6.1. Valutazione quantitativa

In tabella 1 e tabella 2 sono riportate le principali statistiche descrittive delle misure incluse nel disegno di monitoraggio degli esiti delle attività.

Le analisi mostrano come in generale i dati raccolti presentino una buona variabilità e l'assenza di fenomeni distorsivi (i.e.: concentrazione eccessiva di valori ai due estremi della scala di risposta, *effetto soffitto* ed *effetto pavimento*).

L'analisi delle variazioni emotive in risposta alle attività svolte (Figura 2) mostra come le trasformazioni positive più importanti sono state in relazione alla polarità *forte-debole*, *interessato-annoiato* e *tranquillo-spaventato*.

Inoltre, in generale l'attività viene considerata *utile* ($m = 36.9$) e *divertente* ($m = 34.0$) dai partecipanti.

	Pre-attività (t_0)		Post-attività (t_1)		Δt_0-t_1
	Media	dev. standard	Media	dev. Standard	
felice-triste, (B1)	34,53	14,91	34,65	20,67	0,13
forte-debole, (B1)	31,97	15,60	34,57	14,64	2,60
interessato-annoiato, (B1)	35,07	18,20	41,07	13,11	6,00
calmo-agitato, (B1)	35,94	16,00	36,61	17,89	0,67
tranquillo-spaventato, (B1)	38,72	14,57	44,03	12,09	5,31
Nota: punteggi cumulati, valore massimo = 50					

Tabella 1
Statistiche descrittive rilevazione stato emotivo pre e post attività

	media	dev. standard
facile/difficile, (B2)	32,22	16,17
utile/inutile, (B2)	36,85	18,47
bella/brutta, (B2)	33,42	21,56
divertente/noiosa, (B2)	33,99	19,53
gradevole/sgradevole, (B2)	29,67	22,53
nuova/vecchia, (B2)	31,75	21,53

Tabella 2
Statistiche descrittive per la valutazione delle attività (gradimento)

Il modello lineare generalizzato, in relazione all'indagine di differenze tra le medie del profilo emotivo prima e dopo l'attività svolta (B1), mostra una differenza statisticamente significativa tra i punteggi [$F(1,34) = 8.68$ $p < .01$]. La dimensione dell'effetto è pari a $\eta^2 = .20$ (medio-basso). Ciò significa che, in generale, partecipare all'attività porta dei punteggi di stato emotivo positivo maggiori rispetto alla fase temporale immediatamente precedente al suo svolgimento. In particolare, gli scostamenti maggiori rilevati a t_1 si hanno in relazione alla dimensione "interesse". Per quanto riguarda l'effetto della variabile

età, risulta un effetto interattivo statisticamente significativo ($p < .020$) che supporta l'idea che i partecipanti di diverse età valutino in modo differente l'attività svolta.

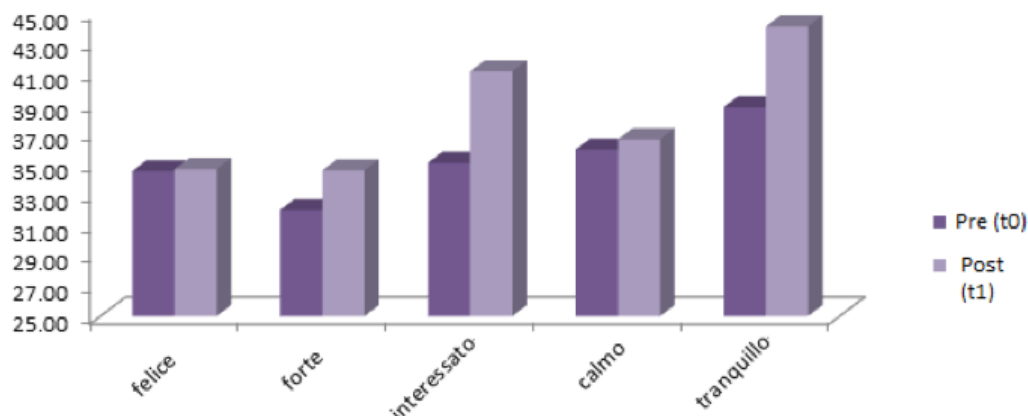


Figura 2

Confronto punteggi medi della dimensione emotiva prima e dopo l'attività.

L'effect size in questo caso è pari a .13 (basso). Da questo punto di vista è importante quindi entrare nel dettaglio dell'analisi identificando quale sia la fascia di età ottimale e che fornisce l'efficacia maggiore delle attività. In questo caso, i dati mostrano come si possa rilevare un effetto di soglia corrispondente ai 120 mesi. Le analisi mostrano infatti come, superati i 10 anni, i punteggi di differenziale rilevati prima e dopo le attività perdono la significatività statistica. L'analisi della coorte compresa tra i 48 e i 120 mesi (corrispondente alla fascia di età 4-10 anni) mostra che esiste una differenza tra le medie tra t_0 e t_1 [$t(28) = 2.64$, $p < .01$] con un effect size pari a .44 (medio-alto).

Infine, le analisi di correlazione (tabella 3) rispetto alla valutazione delle attività mostrano come la variabile età sia correlata negativamente e statisticamente alle diverse dimensioni utilizzate (B2). In altre parole, all'aumentare dell'età diminuisce il gradimento dell'attività svolta. Anche in questo caso è possibile sottolineare come la magnitudo delle relazioni aumenti in maniera consistente quando le analisi sono condotte sul campione di partecipanti compreso tra 48 e 120 mesi.

	Età	1	2	3	4	5	6
Età	-						
facile/difficile (1)	-.468	-					
utile/inutile (2)	-.610	.620	-				
bella/brutta (3)	-.709	.612	.931	-			
divertente/noiosa (4)	-.541	.510	.868	.872	-		
gradevole/sgradevole (5)	-.514	.446	.643	.668	.568	-	
nuova/vecchia (6)	-.663	.531	.758	.888	.767	.575	-

Nota: tutte le correlazioni sono statisticamente significative ($p < .001$).

Tabella 3.
Riassunto correlazioni lineari tra le variabili considerate

6.2. Valutazione qualitativa

I testi prodotti dalle operatrici in risposta alle domande dei ricercatori sono stati sottoposti ad analisi tematica del contenuto secondo un approccio *bottom-up* [31]. Qui di seguito si riassumono i principali contenuti ricorrenti.

Rispetto alle attività tradizionali emerge che la robotica ha tra i suoi punti di forza i caratteri di novità, attualità e *appeal* tecnologico. Ciò rende l'utilizzo dei robot particolarmente attrattivo soprattutto per i bambini della fascia intermedia (6-10 anni). Maggiori difficoltà si riscontrano invece con i bambini più piccoli, dovute in modo particolare all'uso del mouse, per loro ancora abbastanza complesso. È emersa in particolare la differenza tra touch screen vs. PC comandato dal mouse: i bambini anche piccoli sono infatti molto più avvezzi a maneggiare dispositivi touch screen (smartphone dei genitori, videogiochi, ecc.) e una simile modalità renderebbe l'interazione con il robot assai più *user friendly*. Si ricorda in particolare il caso di una bambina di 4 anni che, dopo avere inutilmente cercato di giocare premendo sullo schermo del PC, ha iniziato con stizza e delusione a far roteare in aria il mouse nel tentativo di fare funzionare il robot. Solo l'intervento delle conduttrici ha riportato la situazione sotto controllo.

Un altro fattore considerato cruciale dagli operatori riguarda lo scarso grado di socializzazione implicato dal tipo di esperienza. La socializzazione e la condivisione di esperienze con altri coetanei sono infatti considerate un elemento fondamentale per il benessere dei bambini ricoverati [32]. Lo svolgimento individuale dell'esperienza imposto dai vincoli del contesto non ha consentito in alcun modo di incidere su questo aspetto, né in senso collaborativo né in senso competitivo. Tra le idee proposte per future esperienze di robotica in pediatria viene suggerita l'organizzazione di giochi di squadra, atti

a stimolare tanto il primo quanto il secondo aspetto socializzante. A fronte di ciò viene tuttavia riconosciuto come il tipo di attività proposta, proprio perché individuale e realizzata in un contesto “protetto” quale la sala medici, ha permesso di coinvolgere nel gioco anche i bambini che a causa della loro patologia (ad esempio malattie infettive contagiose) necessitavano di stare in isolamento e non potevano accedere alla sala giochi e alla normale interazione con gli altri. Due facce della stessa medaglia e due tipi di difficoltà difficilmente conciliabili, che fanno capire come –in linea ideale – occorrerebbe progettare attività “personalizzate” in base al tipo di patologia, come peraltro suggerito in altro contesto da Baroni e Nalin [12].

Gli spazi dedicati all'attività sono stati giudicati in generale abbastanza adeguati rispetto all'attività proposta, sebbene emerga che sarebbe auspicabile disporre di spazi *ad hoc* (anziché di una sala medici “riadattata”), soprattutto in relazione alla possibilità di organizzare giochi robotici in gruppo, come considerato desiderabile dagli intervistati.

7. Discussione e conclusioni

I primi risultati dalla ricerca, tuttora in corso, supportano l'ipotesi secondo cui l'attività con il robot sortisce effetti positivi sulla dimensione emotiva dei partecipanti.

Si rileva altresì un effetto significativo dell'età sui differenziali dei punteggi rilevati prima e dopo le attività svolte. Da questo punto di vista l'intervento appare «ottimale» per la fascia di età 4-10 anni. Oltre gli 11 anni non si rilevano invece differenze statisticamente significative. L'attività sembra dunque perdere efficacia per i più grandi: un dato in linea con quanto emerge dalle succitate esperienze condotte presso l'Ospedale di Padova, dove i maggiori effetti di sedazione non farmacologica ottenuti con il robot riguardano la fascia tra i 7 e 10 anni. Pur nelle differenze tra tali studi e il nostro, sembra confermarsi il cut-off dei 10 anni come età discriminante per l'efficacia di questo tipo di interventi: la fascia d'età più ricettiva sembra coincidere con quella della scuola primaria.

Un'impressione confermata anche osservando l'effetto dell'età sulla valutazione complessiva dell'attività svolta: all'aumentare dell'età peggiora il gradimento verso il gioco con il robot. Se tra i più piccoli si riscontra qualche malumore per le difficoltà tecnico-procedurali (tutto sommato risolvibili) riguardanti ad es. l'uso del mouse, i ragazzi più grandi, specie gli adolescenti, preferiscono rimanere nella loro stanza muniti di smartphone. Per questa fascia d'età, le considerazioni rispetto alla socializzazione fatte dalle operatrici interpellate valgono tanto per le attività robotiche quanto per le tradizionali attività di sala giochi. Quest'ultima, per stessa ammissione delle volontarie, risulta infatti frequentata in prevalenza da bambini tra i 4 e gli 8 anni. Come già detto, la breve durata dei ricoveri presso la struttura ospitante (un ospedale di dimensioni medio-piccole che sorge nelle vicinanze di centri più grandi e attrezzati ad accogliere pazienti affetti da patologie più gravi che necessitano di degenze lunghe) rende di fatto impraticabile l'aggregazione, la formazione di gruppi tra pari e di relazioni interpersonali significative (assai rilevanti per i più grandi), che invece è realizzabile in contesti pediatrici a degenza lunga, come accade ad esempio in

oncologia pediatrica³. Alla mancanza di socializzazione fa però da contraltare la possibilità di far giocare i bambini altrimenti esclusi dalle altre attività ludiche.

Analogamente a quanto detto per l'esperienza patavina e per lo studio condotto dai ricercatori dell'università di Calgary [16], i risultati del presente studio non sono suscettibili di generalizzazione statistica, a motivo dell'esiguità e della non rappresentatività del campione di soggetti coinvolti e di altri fattori che saranno discussi poco oltre. Tuttavia forniscono indicazioni stimolanti per future ricerche, non da ultimo per la concordanza con quanto emerge dagli altri studi, per esempio riguardo al fattore età. Rispetto allo studio canadese va riscontrato che nella ricerca qui presentata gli strumenti di misurazione dello stato emotivo dei partecipanti sono stati somministrati direttamente ai bambini stessi anziché ai loro genitori e agli operatori sanitari; il che dà l'indubbio vantaggio di accedere a valutazioni "in prima persona" ma pone anche limiti metodologici legati alla "instabilità" tipica dell'età infantile.

Le maggiori limitazioni sono però legate ai vincoli posti dalle caratteristiche del contesto, in particolare la brevità dei ricoveri e la eterogeneità delle patologie. Una prima ricaduta metodologica di tali vincoli riguarda lo scarto temporale molto ridotto tra pre-test e post-test; in tal senso sarebbero opportune ricerche di follow-up sull'efficacia dell'intervento.

Potenzialmente ancora più rilevante è la diversità tra delle patologie presenti nel campione esaminato. È ben vero che, trattandosi di un reparto dove si effettuano solo ricoveri brevi, i piccoli pazienti presentano tendenzialmente un quadro clinico di gravità non elevata; parimenti i bambini che stavano così male da non potersi alzare dal letto si sono autoesclusi dall'attività. Tuttavia non sono stati controllati in modo sistematico dai ricercatori né il livello di gravità delle patologie né quello d'invasività delle terapie⁴. Va inoltre ricordata l'ampiezza del *range* di età dei pazienti. Un esempio derivante da queste "difficoltà incrociate" riguarda gli *outliers*, ossia i quattro bambini piccoli sottoposti a intervento chirurgico esclusi dall'analisi statistica giacché avevano valutato l'esperienza con profili di risposta differenti dagli altri partecipanti. Data l'impossibilità - peraltro intrinseca alla ricerca sul campo [33] e in contesti difficili [34]- di isolare e "manipolare" le singole variabili, non si può stabilire con precisione statistica se ciò sia avvenuto perché i bambini erano ancora troppo sofferenti per l'operazione subita (il che potrebbe forse essere discusso in rapporto alla robotica come terapia non farmacologica) o invece, come ipotizzato dalle operatrici, semplicemente perché delusi dalla loro incapacità di maneggiare il mouse; oppure se i punteggi bassi da loro espressi siano riconducibili all'interazione di questi due fattori o magari all'influsso di altri ancora.

³ Non a caso le principali esperienze di robotica in pediatria presenti in letteratura (ad esempio il progetto *MONARCH*) fanno riferimento a reparti oncologici e prevedono interazioni piuttosto prolungate con i robot [11].

⁴ Baroni e Nalin [12] suggeriscono a tal proposito di differenziare l'attività e il tipo di robot in relazione al tipo di patologia e di cura.

In sostanza, la natura esplorativa di ricerca sul campo e i conseguenti vincoli posti dallo specifico contesto hanno impedito una valutazione pienamente controllata rispetto a possibili variabili confondenti degli effetti del gioco con il robot (quello che in un ipotetico futuro studio “quasi”-sperimentale sarebbe una possibile “variabile indipendente”), distinguendoli da quelli derivanti da altri fattori intervenienti quali ad es. il sesso dei soggetti, l'eventuale precedente familiarità con i robot, la presenza o l'assenza del genitore durante l'esperienza ecc. È mancata a tal proposito anche la possibilità di costruire un gruppo di controllo adeguato (un campione equivalente di bambini che, anziché giocare con il robot, andassero in sala giochi).

Al di là della necessità di estendere il campione per rafforzare la generalizzabilità statistica e di apportare gli opportuni correttivi metodologici e procedurali per il prosieguo della ricerca, quanto finora discusso induce a considerare l'importanza imprescindibile della *valutazione qualitativa*, ottenuta sia da parte dei ricercatori sia da parte dei volontari, circa aspetti come la comunicazione non verbale dei bambini durante l'esperienza o i commenti dei genitori al termine di essa. In tal senso, si prevede di coinvolgere in futuro tutti gli attori potenzialmente rilevanti (genitori, infermieri, altri operatori) oltre ai bambini stessi, attraverso interviste e altri metodi qualitativi. L'approccio qualitativo, per quanto più “soggettivo” di quello quantitativo, è necessario per interpretare e dare senso ai dati “spuri” che emergono dal campo [35] [36].

Un discorso a parte merita la morfologia del robot. Tutte le altre ricerche con finalità analoghe alla nostra utilizzano infatti Nao o comunque robot umanoidi. In questo progetto è stato usato Coderbot, che si presenta come un piccolo veicolo e non ha pressoché niente di umano. Dalle ricerche condotte su questo punto [12] [37] sembra infatti emergere che i robot con maggiore impatto ed efficacia sui bambini sono quelli con le sembianze di un cartone animato (soprattutto umanoide), mentre quelli antropomorfi che cercano di simulare più realisticamente le caratteristiche umane (anche sul piano sociale e interattivo) suscitano maggiore diffidenza. L'aspetto fisico e le capacità “sociali” del robot sembrano quindi giocare un ruolo cruciale. Alla luce di tali evidenze empiriche, come può essere valutata comparativamente l'efficacia di un robot che, come Coderbot, di umano non ha nulla? Si apre qui una questione cruciale che richiede ulteriori ricerche e approfondite sperimentazioni di taglio psicologico, oltre che robotico. La scelta di Coderbot è stata effettuata sulla base dei positivi riscontri ottenuti nell'ambito di percorsi didattici in scuola primaria [38] [39]. Il contesto pediatrico presenta tuttavia caratteristiche peculiari, che rendono necessarie considerazioni specifiche in merito alla forma e alla tipologia di robot da utilizzare.

In conclusione, i futuri sviluppi del progetto, di cui la ricerca qui presentata costituisce un primo passo, dovranno idealmente prevedere gli aspetti qui di seguito richiamati. Anzitutto uno studio sistematico degli effetti che l'attività ludico-educativa con il robot ottiene sui piccoli pazienti, in relazione al tipo di patologia di cui soffrono; il reclutamento di un campione più ampio, con coorti di età più omogenee (preferibilmente concentrate sulla fascia della scuola primaria) e confrontabili sul piano statistico; il monitoraggio della provenienza e

del livello socio-culturale delle famiglie, anche per valutare l'eventuale influenza delle differenze interculturali; il tutto attraverso il confronto con un gruppo di controllo opportunamente selezionato. Si tratta, come si vede, di un obiettivo molto ambizioso che presenta importanti sfide metodologiche in contesti ecologici.

Inoltre, per quanto concerne il gioco con il robot, occorre predisporre attività più attraenti per i soggetti più grandi e più facili da gestire per i piccoli da svolgersi *in gruppo* e con un'articolazione temporale in più fasi (ossia non solo «one shot», ma attraverso percorsi strutturati in più incontri). Lund e Nielsen [37] sottolineano a tal proposito come i bambini più piccoli siano in generale più sensibili alla «game interaction», ossia agli aspetti di interazione con il robot, mentre con il crescere dell'età diventano importanti gli obiettivi e gli aspetti «tecnici» del gioco.

Dovrà inoltre essere fatta una valutazione degli «effetti emotivi» sul medio periodo (follow up) e dei potenziali apprendimenti «cognitivi» (attraverso il confronto con altre ricerche di robotica educativa, ad es. sulla risoluzione degli «errori»), utilizzando un approccio mixed-method (quali-quantitativo).

Infine un'approfondita riflessione interdisciplinare (di taglio epistemologico, psicologico e tecnico-robotico) e una sperimentazione empirica sul campo dovranno essere condotte per confrontare le modalità e gli effetti dell'utilizzo di Coderbot con l'utilizzo di robot umanoidi: un'impresa che probabilmente impegnerà i ricercatori per molto tempo a venire.

Bibliografia

- [1] Adams, P. (2002). "Humour and love: the origination of clown therapy", *Postgraduate Medical Journal*, 78 (922), 447-448.
- [2] Di Blasio, P., Ugazio, V. (1979). "Famiglia e ospedalizzazione II. Un approfondimento clinico sulle reazioni del bambino alla degenza", in AA.VV. *Studi di Psicologia (II)*, Vita e Pensiero, 175-200.
- [3] Kanizsa, S. (2013). *La paura del lupo cattivo. Quando un bambino è in ospedale*, Raffaello Cortina Editore.
- [4] King, J., Ziegler, S. (1981). "The Effects of Hospitalization on Children's Behavior: A Review of the Literature", *Children's Health Care*, 10, 1, 20-28.
- [5] Nocchi, M. (1995). *Aspetti psicologici del bambino in ospedale*, Sorbona Milano.
- [6] Ugazio, V., Di Blasio, P. (1978). *Malattia e ospedalizzazione: problemi psicologici*, Vita e pensiero.
- [7] Ugazio, V., Di Blasio, P. (1979). "Famiglia, classe sociale e ospedalizzazione infantile: uno studio pilota", *Studi di Sociologia*, 17 (1), 59-80.
- [8] Ugazio, V. (1974). "Bambini in ospedale", *Archivio di Psicologia, Neurologia e Psichiatria*, XXXV (1), 99 -101.
- [9] Ugazio, V. (1986). "L'ospedalizzazione infantile come momento di incontro fra famiglia e reparto", *Studi interdisciplinari sulla famiglia*, 6, 194-204.

- [10] Datteri, E., Tamburrini, G. (2010). *Robotica medica e società*, Treccani.
- [11] Messias, J., Ventura, R., Lima, P., Sequeira, J., Alvito, P. Marques, C., Carrico, P. (2014). "A robotic platform for edutainment activities in a pediatric hospital (MONARCH)", *2014 IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC)*.
- [12] Baroni, I., Nalin, M. (2014). "La robotica entra in pediatria", *Mondo digitale*.
- [13] Nalin, M., Bergamini, L., Giusti, A., Baroni, I., Sanna, A (2011). "Children's perception of a Robotic Companion in a mildly constrained setting", *Proceedings of IEEE/ACM Human-Robot Interaction 2011 Conference (HRI2011 - Robots with Children Workshop)*.
- [14] Peterson, L., Shigetomi, C. (1981). "The use of coping techniques to minimize anxiety in hospitalized children", *Behavior Therapy*, 12, (1), 1-14.
- [15] Melamed, B.G., Siegel, L.J. (1975). "Reduction of anxiety in children facing hospitalization and surgery by use of filmed modeling", *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 43 (4), 511-521.
- [16] Beran, T.N., Ramirez-Serrano, A., Vanderkooi, O.G., Kuhn, S. (2013). "Reducing children's pain and distress towards flu vaccinations: a novel and effective application of humanoid robotics", *Vaccine*, 31 (25), 2772-7.
- [17] Veronese, G., Pepe, A., Jaradah, A., Al Muranak, F., & Hamdouna, H. (2017). "Modelling life satisfaction and adjustment to trauma in children exposed to ongoing military violence: An exploratory study in Palestine", *Child Abuse and Neglect*, 63, 61-72.
- [18] Castiglioni, M., Veronese, G., Pepe A., Villegas, M. (2014). "The Semantics of Freedom in Agoraphobic Patients: An Empirical Study", *Journal of Constructivist Psychology*, 27,2, 120-136.
- [19] American Psychological Association (2010). *Publication manual of the American Psychological Association*, American Psychological Association.
- [20] Associazione italiana di psicologia (1997). *Codice etico della ricerca psicologica*, Associazione italiana di psicologia.
- [21] Osgood, C. E., Suci, G.C., Tannenbaum, P.H. (1957). *The Measurement of Meaning*, University of Illinois Press.
- [22] Mellor, D., Moore, K.A. (2014). "The use of Likert scale with children", *Pediatric Psychology*, 39 (3), 369-379.
- [23] Sullivan, G.M., Artino, A.R. (2013). "Analyzing and interpreting data from Likert-Type scales", *Journal of Graduate Medical Education*, 5(4), 541-542.
- [24] Hahs-Vaughn, D.L. (2017). *Applied multivariate statistical concepts*, Taylor & Francis.
- [25] Huba, G. J. (1985). "How unusual is a profile of test scores?", *Journal of Psycho-educational Assessment*, 4, 321-325.
- [26] Hesse-Biber, S., Johnson, R.B. (2015). *The Oxford handbook of multi-method and mixed-method research inquiry*, Oxford University Press.

- [27] Lomax, R. G., Hans-Vaughn, D. L. (2012). *An introduction to statistical concepts* (3rd ed.), Routledge.
- [28] Cohen, J (1992). "A power primer", *Psychological Bulletin*, 112 (1), 155–159.
- [29] Abdi, H., Edelman, B., Valentin, D., Dowling, W.J. (2009). *Experimental design and analysis for psychology*, Oxford University Press.
- [30] Corder, G.W., Foreman, D.I. (2009). *Nonparametric statistics for non-statistician: a step-by-step approach*, Wiley Publishing.
- [31] Krippendorff, K. (2004). *Content analysis: An introduction to its methodology* (2nd ed.), Sage.
- [32] Ugazio, V., Castiglioni, M. (1998). "Socialization models and the construction of self", *Journal of Constructivist Psychology*, 11:1, 3-29.
- [33] Mantovani, S. (1998). *La ricerca sul campo in educazione. Vol. 1: I metodi qualitativi*, Bruno Mondadori.
- [34] Veronese, G., Pepe, A. (2017). "Positive and Negative Affect in children living in Refugees Camps: Assessing the psychometric properties and factorial invariance of the PANAS-C in the Gaza Strip", *Evaluation & the Health Professions*. 40(1), 3-32
- [35] Procaccia, R., Veronese, G., Castiglioni, M. (2014). "Self-characterization and attachment style: a creative method of investigating children's construing", *Journal of Constructivist Psychology*, 27:3, 174-193.
- [36] Procaccia, R., Veronese, G., Castiglioni, M. (2014). "The impact of attachment style on the family drawings of school-aged children", *The Open Psychology Journal*, 2014, 7, 9-17.
- [37] Lund, H.H., Nielsen, J. (2002). "An edutainment robotics survey", *Proceedings of the third international symposium on human and artificial intelligence systems: the dynamic systems approach for embodiment and sociality*, Fukui, Dec 6-7, 2002 (HART2002).
- [38] Datteri, E., Zecca, L. (2016). "The game of science: an experiment in synthetic roboethology with primary school children", *Robotics and Automation Magazine*, 23(2), 24-29.
- [39] Businaro, N., Zecca, L., Castiglioni M. (2014). "Implicazioni psicologiche di un laboratorio di robotica educativa nella scuola primaria: riflessioni sul caso di un bambino con ritardo mentale", *Psicologia clinica dello sviluppo*, XVIII, 2, 311-318.

Biografie

Marco Castiglioni, Ph.D., è Professore Associato di Psicologia Clinica presso il Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione "Riccardo Massa" dell'Università di Milano-Bicocca (MI).

Si occupa di psicologia clinica secondo la prospettiva interattivo-costruttivista, con particolare riguardo al rapporto tra psicologia, relazioni e significati personali.

È responsabile scientifico di PLURAL-MENTE - *Laboratorio di Filosofia e Psicologia della Soggettività e delle Relazioni* e membro di RobotiCSS - *Laboratorio di Robotica per le Scienze Cognitive e Sociali*.

E-mail: marco.castiglioni@unimib.it

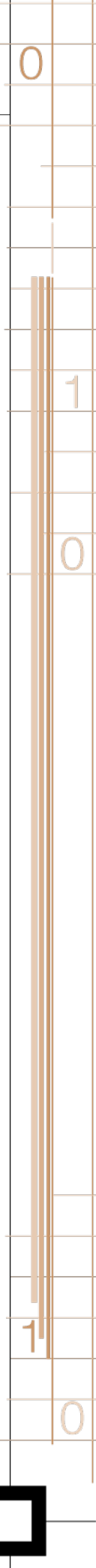
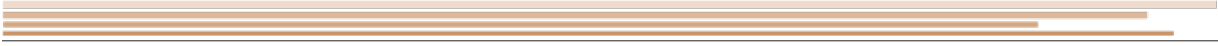
Alessandro Pepe, Ph.D., è assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione "Riccardo Massa" dell'Università di Milano-Bicocca (MI).

I suoi interessi di ricerca riguardano vari ambiti della psicomетria e della metodologia della ricerca psico-sociale, con particolare riguardo alla progettazione e realizzazione di ricerche "mixed-method" in contesti di trauma e di crisi e allo studio e applicazione di tecniche statistiche per la valutazione del benessere psicologico.

E-mail: alessandro.pepe1@unimib.it

Giulia Zappa, educatrice e pedagoga, si è laureata con lode in Scienze dell'Educazione e della Formazione presso l'Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano. Successivamente ha conseguito con lode il titolo di Dottoranda magistrale in Scienze Pedagogiche presso l'Università degli studi Milano Bicocca.

E-mail: g.zappa6@campus.unimib.it; giulia.zappa@virgilio.it



Introduzione della robotica in attività di problem solving nella scuola primaria. Analisi dei livelli di focalizzazione sugli scopi del problema

A. Garavaglia, L. Petti, E. Murgia, F. Bassi,
S.L. Maranesi

Sommario

L'obiettivo della ricerca è quello di analizzare il primo utilizzo della robotica nella scuola primaria nell'ottica di individuare i livelli di focalizzazione sul problema principale proposto didatticamente rispetto alla necessità di dominare la complessità del sistema composto dalla novità di elementi tecnologici articolati quali i robot e la sua programmazione. A livello metodologico sono state previste l'osservazione delle attività, la somministrazione di prove di comprensione del problema e le interviste a un campione di bambini per individuare i livelli di attenzione sul problema principale.

Abstract

The aim of the research is to analyze the first time use of robotics in primary schools, in order to assess student ability to focus on the proposed core educational activities, over the need to focus on the complexity of the newly introduced technology: robotics and coding.

The methodology applied included, observation of all the activities, the administration of problem solving comprehension tests and interviews to a cross-section of students to assess the levels of attention to the core (educational) issue(s).

Keywords: school robotics, problem solving, wow-effect, didactics, primary school



1. Introduzione

Il contributo presenta i risultati di uno studio realizzato con lo scopo di individuare i livelli di focalizzazione sul problema principale in un percorso didattico della scuola primaria dove la tecnologia robotica è stata introdotta per la prima volta¹.

Negli ultimi anni si assiste ad una sempre maggiore attenzione, nelle scuole di ogni ordine e grado ai temi del *coding*, della robotica educativa e del *tinkering*; pur riconoscendo le singole specificità dei termini, ciò che li accomuna è l'obiettivo di far lavorare gli studenti verso il governo e la comprensione dei codici che soggiacciono al funzionamento di una macchina, software e/o applicazione. L'esigenza è in linea con quanto scritto nella legge n. 107 del 13/07/2015 detta "La Buona Scuola" dove in materia di media e tecnologia si legge: «sviluppo delle competenze digitali degli studenti, con particolare riguardo al pensiero computazionale, all'utilizzo critico e consapevole dei *social network* e dei media nonché alla produzione e ai legami con il mondo del lavoro» (art.1, comma 7, lettera h).

L'enfasi posta sul cosiddetto "pensiero computazionale" sembra far emergere la promozione del suo sviluppo nei termini di una competenza diffusa, in quanto faciliterebbe le capacità logiche di risoluzione dei problemi in diversi contesti di vita dove la tecnologia è comunque presente in maniera preponderante [1] favorendo così anche il processo ragionato di introduzione dei bambini al mondo digitale [2].

2. Robotica educativa e problem solving

La robotica educativa storicamente trova i suoi principi didattici fondamentali nell'approccio costruzionista di Papert [3], celebre autore che, già a partire dai primi anni '70 insieme a Minsky [4], progetta e sviluppa un semplice linguaggio di programmazione, il LOGO pensato esclusivamente per i bambini. Papert considera le tecnologie robotiche oggetti che aiutano il bambino a pensare dal momento che facilitano il processo di formalizzazione e codifica nel linguaggio di programmazione utilizzato. Secondo l'autore la robotica infatti, rendendo concreti e manipolabili concetti astratti concorre a rendere maggiormente tangibile e osservabile gli esiti della costruzione di quello che possiamo identificare come algoritmo di risoluzione [5]. Negli ultimi anni si è registrato un notevole interesse sul tema e un conseguente aumento delle ricerche presenti in letteratura in contesto nazionale e internazionale sull'utilizzo della robotica come strumento didattico [6], [7], [8], [9], [10]; la maggior parte di questi studi sottolinea la natura multidisciplinare della robotica, il maggior coinvolgimento degli studenti, il lavoro in

1 Il paper è frutto di un lavoro di equipe e i singoli paragrafi sono lo specchio del contributo reciproco i cui intenti e risultati sono condivisi. Nello specifico i paragrafi sono così distribuiti: Andrea Garavaglia ha scritto "Gli obiettivi della ricerca", "Metodologia", "Analisi quantitativa: indici di focalizzazione sul problema e sulle tecnologie" e "conclusione", Livia Petti ha scritto "Introduzione", "Robotica educativa e problem solving", Francesca Bassi ha scritto "Analisi qualitativa: la comprensione dei problemi nei processi didattici", Emiliana Murgia ha scritto "Il percorso didattico proposto", Samantha Lisa Maranesi ha scritto "L'effettiva implementazione nelle quattro classi: Didassi".

sottogruppo, la risoluzione di problemi e, non da ultimo, i processi di ragionamento scientifico basati sull'osservazione dei fenomeni, la modellizzazione, l'applicazione e la verifica delle ipotesi [11], [12]. Le sperimentazioni svolte in ambito scolastico hanno fatto emergere diverse indicazioni didattiche, tra queste consideriamo rilevante il fatto che l'insegnante non dovrebbe introdurre l'ora di *coding* fine a se stessa, poiché il rischio è di rinforzare solo un pensiero standardizzato e iterato [13], ma dovrebbe lavorare all'interno di un quadro costruttivista sostenendo sia i processi di apprendimento dei ragazzi, di identificazione del problema e di costruzione della soluzione [14] sia i processi metacognitivi.

Attraverso la programmazione del robot diversi autori sostengono che si possa attivare il cosiddetto "pensiero computazionale", termine introdotto da Papert e ripreso da Jeannette Wing [1] della *Microsoft Research*, consistente nella capacità di delineare algoritmi utili per risolvere problemi, "calcolabili" automaticamente dalla macchina senza che sia necessario l'intervento dell'uomo: questi algoritmi spesso sono il risultato di un processo di scomposizione del problema in parti, il cui processo di risoluzione è diviso in fasi. Se l'algoritmo prodotto non funziona secondo le aspettative è necessario ritornare sulle singole fasi, rivedere i passaggi, trovare l'errore e correggerlo (*debugging*). A livello metodologico quindi la robotica educativa presenta caratteristiche adeguate per attivare proposte didattiche orientate al *problem solving* e al *problem posing*.

Proprio questo aspetto di sviluppo sostenuto dalla robotica sembra essere particolarmente interessante: è importante sottolineare che così come non esiste un solo tipo di problema – Jonassen ne individua undici tipologie ciascuna delle quali caratterizzate da specifici processi cognitivi – non può esistere una sola strategia di *problem solving* [15], [16], [17]. I problemi variano per il loro grado di strutturazione e possono così essere ben strutturati, chiusi e non strutturati, aperti. I problemi ben strutturati tendono ad essere statici e semplici mentre quelli non strutturati tendono ad essere complessi e dinamici [17].

Nella scuola dell'infanzia e primaria si riscontrano diversi suggerimenti tra cui quello di proporre il problema attraverso "*challenge*" di sfide semplici e ben strutturate che aiutino il bambino a creare i modelli mentali da utilizzare nei processi risolutivi [5] per poi passare a problemi maggiormente complessi, aperti e dinamici abituando così il bambino, attraverso la risoluzione di problemi di diversa natura, a sviluppare un atteggiamento flessibile di analisi e risoluzione. Questa dinamica iterata nel tempo può portare il soggetto ad agire in modo strategico attraverso un'azione competente [18], capace di previsione [13].

Per questo motivo il *problem based learning* [19], [20] non pare essere una metodologia spendibile in ordini di scuola inferiore. Esso nasce negli anni '70 negli Stati Uniti, sviluppandosi in ambito medico-sanitario grazie alla simulazione di casi clinici reali e si estende poi in ambito scolastico prevalentemente nell'*higher education* [21]. Il metodo prevede, attraverso *step* strutturati, che gli studenti si accostino ad un problema cosiddetto "autentico", aperto e di *real life*, in quanto, similmente a ciò che accade nella vita di tutti i giorni, prevede diverse soluzioni possibili e diverse strade per arrivare a tali soluzioni. Nel *problem based learning* il soggetto prende le decisioni maggiormente efficaci, che

meglio si adattano alla situazione proposta, non per forza quelle necessariamente “vere”. Tale metodologia richiede notevoli capacità organizzative e di controllo sul proprio processo di apprendimento, per tale motivo ben si presta agli ordini di scuola superiori.

Nel *problem solving* quindi, di cui possiamo considerare il *problem based learning* un suo sottoinsieme, la strutturazione del problema è maggiormente flessibile, e probabilmente anche per questo motivo nella didattica il *problem solving* ha ormai una solida tradizione [1], [17]: la risoluzione di un problema richiede l’uso di un linguaggio adeguato per potere comprendere in modo inequivocabile gli elementi di un problema e per poterlo discutere o comunicarne la soluzione ad altri. Questi elementi devono riguardare prevalentemente il problema proposto per raggiungere gli obiettivi didattici e in minima parte gli strumenti tecnologici utilizzati per conseguire gli scopi.

Gli strumenti che è possibile scegliere per la robotica educativa sono molti (negli ultimi anni si stanno consolidando le *Bee Bot*, il *Lego Mindstorm* e *WeDo*, *Dash-and-dot-robot*), ma la raccomandazione chiave è quella di non cadere nel determinismo tecnologico [22] antepoendo la specificità del robot al metodo: l’attenzione dell’insegnante dovrebbe sempre essere quindi rivolta a progettare una didattica funzionale alle scelte pedagogiche implementate dalle tecnologie.

La prima introduzione di un media, specie se accattivante come può essere quella di un robot, può comportare però anche altri effetti, tra i quali la possibilità che essa possa coinvolgere e interessare i discenti in modo piuttosto rilevante e distogliere il focus dal tema e dal problema principale; che i ragazzi siano molto incuriositi dal robot è sicuramente funzionale al loro coinvolgimento emotivo nell’attività, ma se è solo l’attrazione verso il gadget a catalizzare le loro menti [23], l’attenzione viene distolta dal focus didattico.

Si tratta di un fenomeno che è stato rilevato in diverse ricerche, come negli studi di Boyce et al. [24] o in quelli di Kamstrupp, A. K. [25], che per sottolineare l’enorme incidenza che il fenomeno può presentare in alcuni progetti, ha proposto la denominazione di “*wow effect*”: nella sostanza i percorsi didattici dove un elevato numero di studenti pone la propria attenzione alla macchina e al suo funzionamento sono quelli dove è possibile identificare la presenza del “*wow effect*”.

3. Gli obiettivi della ricerca

Il presente studio è stato realizzato sulla base di una serie di considerazioni fatte dal gruppo di ricerca sulle diverse esperienze di robotica nella scuola primaria, in modo particolare sulla diffusa pratica di proporre percorsi di robotica in classe piuttosto articolati, che necessitano di diverse ore di lezione per assicurare il raggiungimento dello scopo, nonché una certa difficoltà nel poter mantenere l’attenzione sul problema. Questo aspetto può altresì essere maggiormente presente nelle situazioni in cui lo stesso strumento tecnologico è messo a disposizione dei bambini per la prima volta.

La ricerca si pone quindi come obiettivo quello di analizzare il primo utilizzo della robotica nella scuola primaria mirando a sviluppare nei bambini competenze di problem solving nell’ottica di individuare i livelli di focalizzazione

degli studenti sui problemi rispetto alla necessità di dominare la complessità del sistema composto dalla novità di elementi tecnologici complessi quali i robot e la sua programmazione.

Nella sostanza ci si prefigge di:

- individuare i livelli di focalizzazione degli studenti sul problema da risolvere;
- individuare i livelli di focalizzazione sugli specifici strumenti tecnologici, come elemento di novità nelle classi dove essi non erano mai stati introdotti.

Il perseguimento di questi scopi concorrerà anche a fornire indicazioni utili per aiutare i docenti ad organizzare i propri percorsi didattici inerenti la robotica.

4. Metodologia

Per individuare i livelli di focalizzazione degli studenti sul problema da risolvere e sugli specifici strumenti tecnologici come elemento di novità nelle classi dove essi non erano mai stati introdotti sono stati costruiti due Indici, l'indice di focalizzazione del problema (iSFP) e l'indice di focalizzazione sulla tecnologia (iSFT). Essi sono stati ricavati da un punteggio ottenuto attraverso uno strumento quantitativo all'interno di un impianto più complesso che prevede osservazioni e interviste qualitative nell'ottica di interpretare e approfondire i risultati. L'indice si ottiene attraverso una procedura che prevede la somministrazione di un test a risposte multiple al termine del percorso, costruito in modo da mantenere familiarità con le dinamiche e le tipologie di richieste già utilizzate in altre prove simili dagli studenti delle classi coinvolte, con lo scopo di minimizzare le problematiche legate alla comprensione della richiesta e ottenere maggiore validità dei feedback ricevuti.

Il test, somministrato a tutti gli 89 alunni coinvolti nella ricerca, è costituito da 8 domande chiuse a risposta multipla con 3 modalità di risposta e 2 domande aperte. Le domande chiuse sono state costruite seguendo queste linee guida:

- la domanda richiede come risposta di individuare un aspetto del problema posto durante il percorso didattico;
- una risposta tra quelle proposte, quella corretta, è orientata alla comprensione del problema, considerata per costruire il Punteggio di focalizzazione sul problema dello studente (SFP Score Focus on Problem);
- una risposta tra le proposte è orientata verso un interesse per gli aspetti tecnologici, considerata per costruire il Punteggio di focalizzazione sulle tecnologie dello studente (SFT Score Focus on Technology);
- una risposta tra quelle proposte è orientata in diverso modo, allo scopo di essere fuorviante rispetto al problema e non inerente aspetti tecnologici.

La costruzione degli indici è ottenuta attraverso la normalizzazione dei punteggi, mentre i punteggi sono costruiti sommando 1 per ogni risposta orientata al focus considerato: in pratica SFP si ottiene contando tutte le volte che lo studente pone attenzione a un aspetto dei problemi affrontati durante il percorso

didattico, mentre SFT si ottiene contando tutte le volte che focalizza un aspetto tecnologico invece di porre attenzione agli aspetti problematici.

Il test è stato somministrato a tutte le classi entro due giorni dal termine del percorso didattico. Nell'ottica di sondare i livelli di comprensione di un problema senza la presenza di tecnologie prima di svolgere il percorso e di potere controllare maggiormente lo studio e ampliare la comprensione di tutti gli aspetti considerati è stato anche realizzato un test da somministrare prima del percorso didattico, omogeneo a quello finale. Questo "pre test" è stato realizzato sulla base di un breve testo dove viene presentato il ragionamento fatto dal custode di una scuola per risolvere un problema (il problema consisteva nell'identificare il problema di una campanella di una scuola che aveva smesso di funzionare e quindi ripararla). Complessivamente sono stati somministrati due test in due momenti (pre-test e post test) prima e dopo il percorso didattico. Il pre-test è quindi fondamentale per inquadrare la situazione iniziale, mentre il post è lo strumento principale di questo studio e fornisce indicazioni quantitative specifiche sul livello di comprensione del problema e sul livello di focalizzazione sulle tecnologie. Secondo logica mixed method, quindi, il "pre-test" non va considerato in modo rigido come parte di un impianto sperimentale classico puro, ma come uno strumento per controllare i livelli di comprensione del problema rilevati al termine dell'esperienza. L'elaborazione dei dati quantitativi dei test è stata effettuata utilizzando in parte Excel e in parte SPSS.

	Esempio domanda del pre test	Esempio domanda del post test
Domanda aperta	<i>Cosa fa Gerardo per capire se il problema è il martelletto?</i>	<i>Come avete capito che le barche non potevano spostarsi per salvarsi dalla tempesta?</i>
Domanda a risposte chiuse	<i>Come capisce che il martelletto non è rotto?</i> A Smonta il pulsante [Risposta corretta] B Confronta la figura sulle istruzioni e vede che sono uguali C Parla coi tecnici del Comune	<i>Come avete capito che le barche avevano bisogno di aiuto dai delfini per salvarsi?</i> A Dando i comandi al delfino-robot [risposta errata orientata alla tecnologia] B Guardandole istruzioni per costruire le barche C Guardando come erano fatte le barche ci siamo accorti che non potevano spostarsi ma solo "dondolare" [Risposta corretta]

Tabella 1
sintesi delle tipologie di domande con esempi dei test rivolti agli studenti

Durante l'attività didattica sono state realizzate delle videoriprese che hanno consentito al gruppo di ricerca di analizzare qualitativamente quanto accaduto al termine di ogni lezione, tracciando un sintetico diario di bordo con lo scopo di verificare l'effettiva implementazione delle attività didattiche (didassi) nelle diverse sezioni e poter identificare eventuali fattori utili per controllare i punteggi quantitativi attraverso un completo monitoraggio del processo (si veda par. 6).

Al termine delle attività, oltre al post-test, sono state rivolte a un campione di 12 studenti delle brevi interviste. Le domande, fatte da una terza persona non direttamente coinvolta nel processo didattico, erano volte a far raccontare ai bambini ciò che era accaduto in classe, cosa avevano imparato, qual era il problema principale (ed eventuali questioni secondarie) e il momento del processo didattico che era loro più piaciuto. Tali domande avevano come obiettivo quello di raccogliere importanti opinioni legate alla comprensione del problema e all'attenzione posta alle tecnologie da parte dei discenti. Il campione è stato selezionato sulla base dei risultati del pre-test, selezionando 3 studenti per ciascuna classe con i seguenti criteri: uno che aveva conseguito un punteggio elevato di comprensione del problema, uno che aveva conseguito un punteggio intermedio e uno basso. Non è stato utilizzato il post-test per il campionamento degli intervistati perché le interviste sono state realizzate negli stessi giorni di somministrazione e non era possibile disporre di tutti i risultati elaborati.

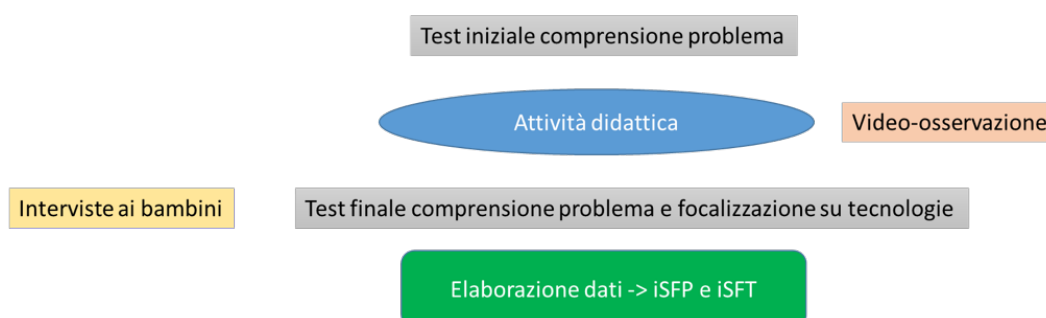


Figura 1

Metodologia di ricerca adottata per studiare la focalizzazione sul problema e sulle tecnologie da parte dei discenti

5. Il percorso didattico proposto

La sperimentazione didattica è stata realizzata in quattro classi seconde di una scuola primaria di Milano, le sezioni A-C-D-E, scelte sulla base del fatto che non avevano avuto precedenti esperienze di didattica nell'ambito della robotica. Il percorso ha coinvolto 89 alunni, 3 con disabilità, 8 in corso di certificazione per Bisogni Educativi Speciali e 6 Neo Arrivati in Italia (allogliotti, in Italia da meno di due anni).

A livello didattico le insegnanti hanno lavorato cercando di sviluppare il dialogo e il pensiero critico all'interno di un quadro costruttivista, dove ciascun insegnante sostiene processi di identificazione dei problemi, costruzione delle

soluzioni, co-costruzione degli apprendimenti e partecipa alla presa di coscienza del proprio stato di conoscenza [14].

La scelta della tecnologia da utilizzare, nello specifico del modello e tipo di robot, ha comportato riflessioni di varia natura: complessità adeguata all'età, caratteristiche tali da interessare e coinvolgere senza presentare livelli eccessivi di complessità di uso e programmazione, livello di accesso adeguato per alunni alla loro prima esperienza di robotica e *coding*. Da qualche anno il panorama dei robot didattici presenta un mercato piuttosto ampio, tuttavia i Lego Wedo, uno dei modelli più diffusi, sono stati considerati adeguati rispetto alle esigenze di seguito elencate:

- partono da proposte sostanzialmente semplici che permettono di costruire macchine con diversi gradienti di difficoltà;
- richiamano giochi (i mattoncini) che buona parte degli alunni ha già utilizzato in altri contesti ludici rendendo quindi bassa la soglia d'accesso;
- presentano un linguaggio e un ambiente di programmazione già sperimentato in contesti simili;
- in termini di preconcoscenze, abilità e competenze in ingresso, al primo approccio non sembrano quindi richiedere prerequisiti particolarmente elevati rispetto alle classi coinvolte.

L'esperienza qui presentata è rientrata nella progettazione didattica dell'anno scolastico perché ha integrato aspetti narrativi legati alla creazione e interpretazione di storie, affrontate in maniera trasversale nei vari ambiti disciplinari. Agli alunni infatti nel primo quadrimestre era già stata proposta un'attività di narrazione strutturata con fasi di *problem posing* e *problem solving*, per cui si è cercato di consolidare l'esperienza svolta precedentemente attraverso nuovi medium per lo *storytelling*.

Il percorso ha avuto avvio a classi congiunte in un auditorium, come incipit è stata letta una mail giunta da un gruppo di scienziati: nella comunicazione gli scienziati chiedono aiuto ai bambini perché, mentre si trovavano nello spazio, un addetto alle pulizie aveva danneggiato i loro robot; agli studenti viene quindi chiesto di ricostruire e provare poi il funzionamento di quanto era stato distrutto. In caso di accettazione della proposta sarebbe seguita un'altra comunicazione con maggiori dettagli e le istruzioni. L'email ha svolto, dal punto di vista didattico, il ruolo di incipit [26] permettendo agli alunni di entrare in situazione per cercare di focalizzare l'attenzione sul fine (aiutare gli scienziati) piuttosto che sul mezzo (i robot). Le attività sono proseguite nelle cinque settimane successive con appuntamenti a cadenza settimanale della durata di 90 minuti circa.

Per il primo incontro l'aula è stata organizzata disponendo i banchi in modo da formare due grandi isole rettangolari, dove sono stati messi due kit - Lego WEDO e Lego WEDO 2.0 - Sono stati quindi formati quattro gruppi, due per ogni robot. Dopo aver richiamato la situazione problematica da affrontare (aiutare gli scienziati a ricostruire i loro strumenti-robot e farli funzionare), sono state mostrate le immagini dei robot da ricostruire e i "pezzi" inviati dagli scienziati.

Infine si sono rese disponibili le istruzioni su PC per i gruppi Lego Wedo e su tablet per i gruppi Lego WEDO 2.0. I gruppi sono stati creati omogeneamente, in modo da avere la stessa distribuzione di studenti che conoscono molto bene il gioco, favorendo il confronto durante nella fase di costruzione-montaggio del robottino e evitando di concentrare studenti con bisogni specifici nello stesso gruppo. Nei gruppi in cui erano presenti i due alunni DVA e l'alunno DSA è stata osservata una maggiore flessibilità nella gestione del tempo per permettere il raggiungimento del risultato.

Il secondo incontro è stato aperto disponendo gli alunni in cerchio, senza banchi, in modo da avere un setting che agevolasse il confronto fra pari. Agli alunni è stato chiesto di ipotizzare cosa fossero quei robot da loro costruiti (barca e delfino), di osservare le strutture, di ipotizzare possibili funzioni e modalità di comando. Ogni ipotesi formulata dai bambini è stata accolta come utile, mettendo in luce gli aspetti produttivi di ulteriori riflessioni, quindi si è passati alla fase di verifica e alla raccolta delle sole ipotesi verificate.

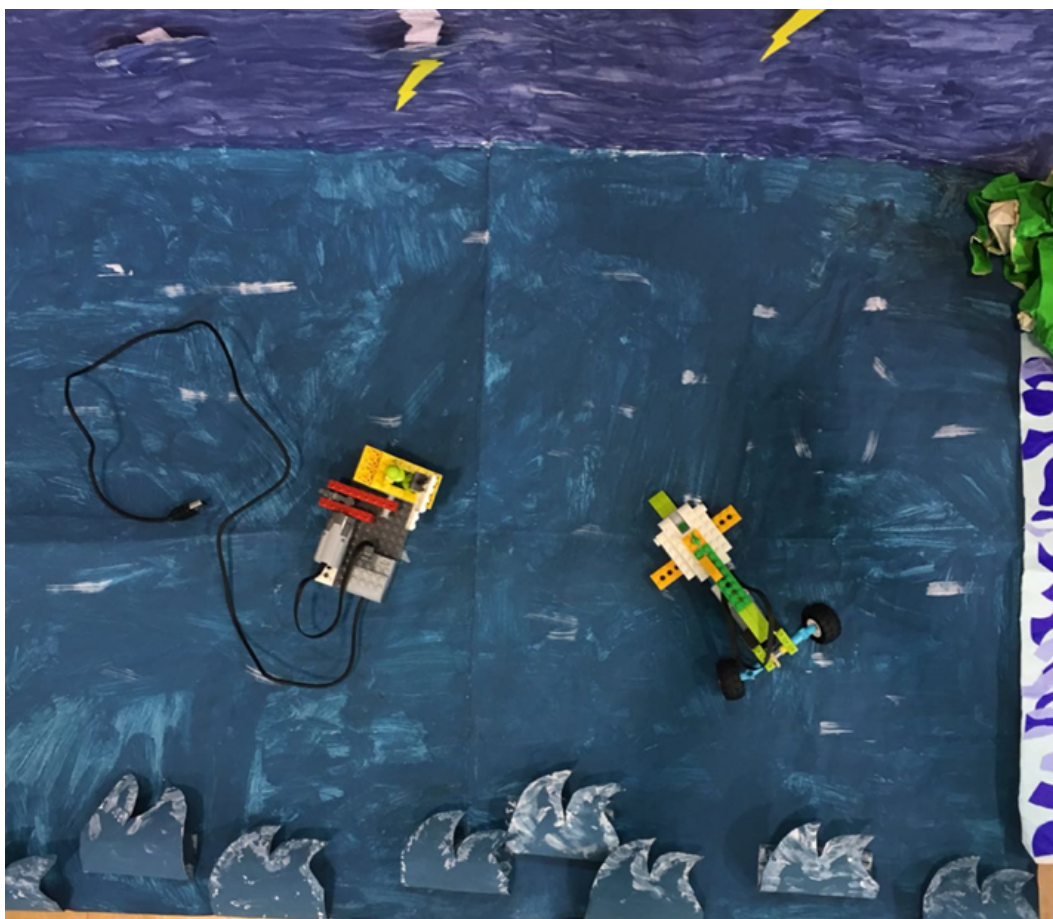


Figura 2
un esempio di scenario della situazione problema proposta

Nel terzo incontro è stata costruita la storia in modo da poter concludere la missione-problema assegnata dagli scienziati. Oltre agli strumenti già utilizzati sono state inserite le smart card sulle quali erano riportati gli elementi su cui concentrarsi per inventare la storia: personaggi, ostacoli, obiettivi, azioni. I personaggi principali erano noti, i delfini e le barche; le azioni possibili erano vincolate alle caratteristiche dei robot-barca e robot-delfini; l'ostacolo era fornito (la tempesta) e l'obiettivo era una naturale conseguenza (salvarsi). Sono stati creati dei piccoli gruppi e l'aula è stata predisposta creando un'isola di banchi per ogni gruppo. Si è chiesto di ideare una storia da far "agire" ai robot dati i vincoli esistenti e per farlo i bambini sono stati invitati in piccolo gruppo a ipotizzare le soluzioni del problema. Ogni proposta è stata poi condivisa e votata senza intervento dell'insegnante in termini di correzione/suggerimento. I robot erano a disposizione per verificare se le azioni immaginate fossero compatibili con le caratteristiche delle macchine; le smart card sono state utilizzate come guida per capire a che punto ci si trovava nella costruzione della storia: quelle risolte venivano spostate dall'insegnante.

Il quarto ed ultimo incontro ha previsto la fase di verifica della soluzione trovata: costruire un'arena per testare se il funzionamento dei robot fosse coerente con la storia inventata. Sono stati utilizzati fogli di carta da pacco, forbici e tempere per le arene; il setting dell'aula è stato organizzato spostando i banchi perimetralmente in modo da creare uno spazio libero centrale per poter lavorare a terra.

Una volta pronti, i robot sono stati disposti seguendo le indicazioni delle storie, e si è proceduto con la programmazione. Ancora una volta è stato chiesto di osservare e formulare ipotesi che venivano poi confermate o confutate mediante verifica immediata: una volta compreso come si fornivano i comandi ai robot, gli alunni hanno provato a farli muovere cercando di impartire i comandi nella sequenza richiesta dalla storia, sempre lavorando per ipotesi, sperimentazione, osservazione, verifica, introduzione di correzioni e adeguamenti.

La tabella riporta sinteticamente il *timing*, il *setting*, gli strumenti e le azioni didattiche previste nei quattro incontri.

	timing	setting	strumenti	attività
incipit	30'	auditorium, sedie a platea, tutte le classi insieme		lettura dell'email e discussione sulla risposta da inviare

primo incontro	20'	in aula, disposizione banchi frontale	fotocopie, penna	test iniziale
	60'	in aula, banchi riuniti in due grandi isole, quattro gruppi suddivisi in coppie	2 kit L. Wedo 2 kit L. Wedo 2.0 1 notebook 1 iPad	assemblaggio dei quattro robot
secondo incontro	90'	in aula, solo sedie in cerchio	2 robot delfino 2 robot barchetta	ipotesi (e test) su caratteristiche e funzionalità dei robot
terzo incontro	90'	in aula mantenimento della disposizione usuale (alcuni a isole, altre con banchi a coppie)	fogli di carta matite/penne pc LIM connessione internet wifi	creazione della storia e scrittura digitale
quarto incontro	60'	spazio centrale svuotato (lavoro a terra)	fogli di carta da pacchi, tempere, colla, scotch	creazione delle arene-contesto
	60'	spazio centrale svuotato (lavoro a terra)	robot, notebook, iPad, connessione	programmazione dei robot test della storia nelle arene con i robot ed eventuali aggiustamenti
	20	banchi disposti come di consueto	fotocopie, penne	test finale

Tabella 2
Planning del percorso didattico proposto

6. L'effettiva implementazione nelle quattro classi: didassi

L'analisi delle videoregistrazioni ha permesso di osservare l'effettiva implementazione del progetto didattico. Il percorso sopra descritto si è svolto in quattro classi seconde, ognuna delle quali sotto la responsabilità di un'insegnante diversa, che ha adottato tecniche di gestione dell'aula e degli alunni specifiche, specie per quanto riguarda alcune fasi (la creazione della storia e dello scenario). Le fasi di percorso legate alla costruzione e messa in funzione dei robot, maggiormente orientate al *problem solving*, sono invece state svolte in maniera simile, sia perché vi è stato un accompagnamento dalla stessa insegnante in tutte le quattro classi, sia perché vi era la necessità di ottenere percorsi comparabili per la ricerca.

Sin dal primo incontro la diversa gestione delle classi è stata caratterizzata dal rispettivo lavoro preparatorio: la II E ha preparato la costruzione del robot attraverso la realizzazione di una mappa concettuale, il cui obiettivo era mettere in luce quali fossero gli elementi necessari ai fini della costruzione delle macchine: "il computer", "gli attrezzi" e "le istruzioni" segnalate dagli alunni sono in effetti poi servite per la successiva realizzazione dei robot. Le altre classi invece hanno formulato delle ipotesi sul funzionamento dei due tipi di robot a partire dalle immagini dei prodotti finiti. In particolare, tutte e tre le classi hanno discusso di cosa sia un robot, e delle specifiche possibilità di funzionamento dei modelli messi a disposizione.

La costruzione dei quattro robot si è svolta nello stesso modo in tutte le classi: gli alunni sono stati divisi in quattro gruppi su due tavoli, ognuno dei quali si occupava di una scatola di lego diversa: i gruppi sullo stesso tavolo attingevano alle stesse istruzioni. I bambini sono poi stati divisi in coppie e, a turno, seguendo le istruzioni, dovevano trovare e posizionare il pezzo necessario, invertendosi il turno successivo. Da questo lavoro è stato possibile analizzare molti aspetti, ma quello più importante è stato vedere come i bambini più abituati a giocare con i lego fossero in effetti più veloci nel trovare i pezzi e montarli, nonché nell'aiutare i compagni nei momenti di difficoltà.

Il secondo incontro è stato il più diversificato dal punto di vista delle metodologie usate dalle insegnanti. Dopo una ripresa dell'incontro precedente, le insegnanti hanno proposto di creare una storia che avesse come protagonisti proprio i quattro robot. In II E si è scelto di lavorare in piccoli gruppi. Al termine del lavoro, i prodotti sono stati letti ed aggregati dall'insegnante scegliendo alcuni elementi da ogni elaborato, per giungere quindi ad una storia collettiva. La II D, invece, a partire dalle ipotesi sul funzionamento dei robot emerse in precedenza, ha costruito una storia collettiva, grazie al contributo di tutti gli alunni, che si sono rivelati attivi e propositivi. La II A e la II C hanno costruito le proprie storie lavorando in piccolo gruppo su brevi segmenti (l'inizio, l'incontro con l'ostacolo, la risoluzione, la conclusione) e votando i propri preferiti. Nessuno dei metodi utilizzato è sembrato completamente efficace: in particolare il tempo a disposizione si è rilevato insufficiente rispetto alla pianificazione e l'uso della votazione ha presentato ulteriore necessità di gestire momenti di difficoltà con gli alunni. Tutte le storie formulate si sono comunque rivelate utili in

quanto hanno permesso di mettere a fuoco i tipi di movimento che possono compiere i due robot secondo i bambini e, di conseguenza, le soluzioni che si possono trovare di fronte all'ostacolo (la tempesta) fornito dalle insegnanti.

Il terzo incontro è stato suddiviso in due parti in tutte le classi. In un primo momento si è creato uno scenario marino per mettere in scena la storia, dove ogni classe ha utilizzato una diversa tecnica artistica e al termine della realizzazione dello scenario, si è passati al test del robot, per verificarne il reale funzionamento: questa fase è stata gestita in ogni classe dalla stessa insegnante, che ha mostrato alla classe riunita il *software* di programmazione del robot e, attraverso prove ed errori, ha permesso ai bambini di sperimentare. Il collegamento dei robot ai *software* ha presentato un'altra difficoltà legata al tipo di collegamento, in quanto l'uso del cavo USB è parso più immediato e comprensibile dell'alternativa senza fili tramite *bluetooth* che non permetteva ai bambini di avere un riscontro fisico utile per le intuizioni successive.

Tutte le classi sono arrivate a discutere la comprensione dei meccanismi di comando attraverso una discussione e una serie di prove. Una volta collegati robot e *software*, si è entrati nella schermata di comando: ancora una volta discutendo e tentando, tutte le classi hanno riprodotto la stringa di comando esemplificativa, già fornita dal programma. Una volta verificati i movimenti base dei due robot si è proceduto in due direzioni differenti: da un lato si sono provati tutti i comandi, per verificare se fosse possibile che i robot si muovessero in maniera diversa, con diversa velocità o per un tempo diverso; dall'altro si è manifestata la necessità di tornare alla storia, per correggere tutto ciò che si fosse dimostrato incoerente con quanto i robot possono davvero fare.

7. Discussione dei risultati

7.1 Analisi quantitativa: indici di focalizzazione sul problema e sulle tecnologie

Come anticipato, il pre-test è stato inserito per avere un quadro interpretativo più chiaro e poter controllare con maggiore sicurezza lo studio, non con l'intento di dimostrare che l'attività didattica avrebbe migliorato le performance degli studenti nell'identificazione del problema. Il motivo è sintetizzabile in due elementi: innanzitutto il gruppo di ricerca non considera attendibile che una competenza così complessa possa consolidarsi in così breve tempo attraverso un'attività che a sua volta presenta un'articolazione che necessiterebbe di porre l'attenzione su un numero elevato di variabili non controllabili, in seconda battuta il gruppo riteneva indispensabile dover comunque analizzare e controllare con maggiore accuratezza le performance inerenti la comprensione del problema, in modo da poterle comparare ad una situazione considerata "*standard*" all'interno delle stesse classi.

Per studiare le differenze si è verificato che la media dei punteggi si è alzata da 4,66 a 5,78 (su un massimo punteggio di 8) e la deviazione standard scesa da 1,918 a 1,704, per cui sembra che a seguito dell'attività proposta gli studenti siano riusciti a focalizzare mediamente meglio i problemi registrando anche minori variazioni. Per approfondire questo risultato è stata calcolata la differenza

del punteggio ottenuto nelle domande chiuse tra test e pretest, la cui distribuzione è rappresentata nel grafico e nella tabella sottostante, che mette in evidenza che solo il 18% degli studenti ha registrato una diminuzione della performance, il 20,2% lo stesso punteggio e il 61,8% un punteggio superiore.

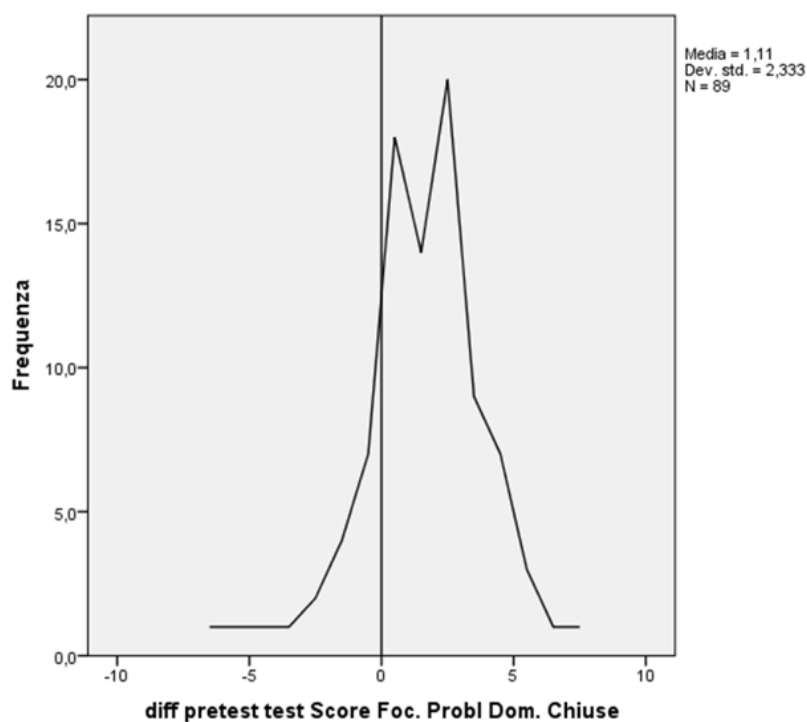


Figura 3
distribuzione delle differenze tra i risultati del test e del pretest riguardo le domande chiuse

	Frequenza	Percentuale	Percentuale cumulativa	
Valido	-7	1	1,1	1,1
	-6	1	1,1	2,2
	-4	1	1,1	3,4
	-3	2	2,2	5,6
	-2	4	4,5	10,1
	-1	7	7,9	18,0
	0	18	20,2	38,2
	1	14	15,7	53,9

	2	20	22,5	76,4
	3	9	10,1	86,5
	4	7	7,9	94,4
	5	3	3,4	97,8
	6	1	1,1	98,9
	7	1	1,1	100,0
	Totale	89	100,0	

Tabella 3

Distribuzione delle differenze calcolate tra test e pretest del punteggio di focalizzazione sul problema rilevato dalle domande chiuse per ciascun studente

Le distribuzioni dei punteggi e i relativi indici non presentano differenze considerevoli, per cui non sono state rilevate sostanziali differenze tra le diverse sezioni. Questo da una parte sembra far emergere che la cura adottata nel cercare di costruire percorsi analoghi e comparabili abbia portato dei frutti, dall'altra che i risultati appaiono comparabili anche tra gruppi di studenti diversi di pari livello all'interno dello stesso contesto scolastico.

	sezione									
	A		C		D		E		TOTALE	
	Media	Varianza	Media	Varianza	Media	Varianza	Media	Varianza	Media	Varianza
Score Foc. Problema	7	2	7	2	6	3	8	2	7	2
Score Foc. Tecnologie	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Indice Focalizzazione Problema	0,68	0,02	0,74	0,02	0,63	0,03	0,76	0,02	0,70	0,02
Indice Focalizzazione Tecnologie	0,21	0,02	0,13	0,01	0,17	0,02	0,12	0,02	0,16	0,02

Tabella 4

sostanziale omogeneità dei risultati rilevati nelle 4 sezioni

L'analisi dei discostamenti tra le diverse sezioni ci permette di analizzare i risultati di tutti gli studenti ponendo maggiore attenzione ai risultati globali dell'intero campione, senza approfondire le specificità delle singole classi data la sostanziale omogeneità dei risultati.

L'indice di Focalizzazione del Problema presenta una media di 0,70 con una deviazione standard di 0,155, mentre i percentili 25, 50 e 75 hanno registrato rispettivamente 0,6, 0,7 e 0,8: questi risultati ci permettono di identificare che il 75% degli studenti in almeno 6 casi su 10 sembra riuscire a ragionare sui problemi, un risultato sostanzialmente positivo che si rafforza quando si considera il 50% che riesce a focalizzare il problema 7 volte su 10. Il rovescio della medaglia suggerisce anche una seconda lettura riguardante il primo percentile, secondo il quale almeno il 25% degli studenti sembrerebbe presentare diverse difficoltà (40% di errori equivalente a un iSFP=0,6) nell'identificare il problema principale in una situazione guidata come quella di una domanda a risposte chiuse, aspetto che verrà approfondito nell'analisi qualitativa attraverso le interviste rivolte ai bambini.

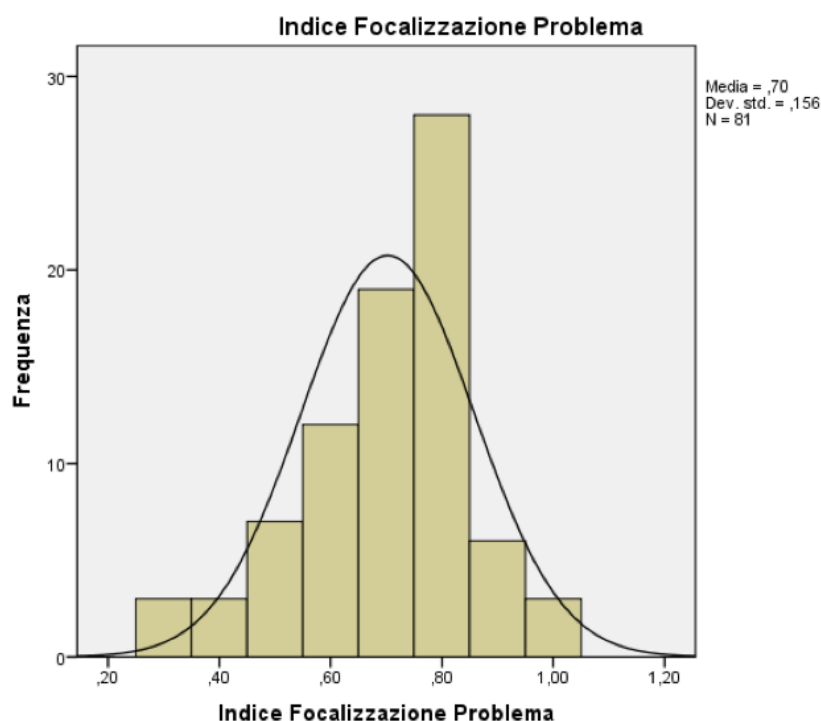


Figura 4
Indice di Focalizzazione sul Problema (iSFP)

Il pericolo di focalizzare eccessivamente gli aspetti tecnologici a dispetto di altri più importanti sembra decisamente minore in quanto l'Indice di Focalizzazione sulle Tecnologie ha registrato una media di 1,16 e una deviazione standard di 1,34, con i percentili 25,50 e 75 rispettivamente di 0, 0,12 e 0,25. Nella sostanza solo il 25% degli studenti presenterebbe una focalizzazione sulle tecnologie superiore a 2 casi su 10, un risultato che ci permette di circoscrivere il perimetro dell'influenza della presenza di una nuova tecnologia a poche situazioni, nella sostanza si rileva un "wow-effect" piuttosto limitato.

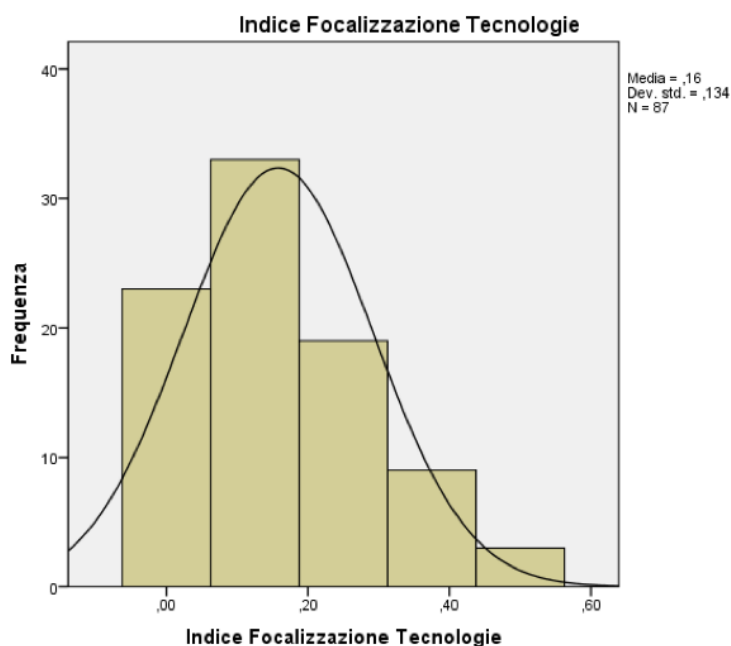


Figura 5
Indice di Focalizzazione sulle Tecnologie (iSFT)

L'analisi di tutte le statistiche dei due indici avvalora quanto riportato, soprattutto considerando le due mode (0,8 per iSFP e 0,13 per iSFT), il minimo (0,3 per iSFP e 0 per iSFT) e il massimo (1 per iSFP e 0,5 per iSFT).

	Score Foc. Probl ema Doma nde Chius e	Score Foc. Probl ema in Doma nda Apert a	Score Foc. Tecnol ogia in Doman da Aperta	Score Foc. Tecnol ogia in Doman de Chiuse	Score Foc. Proble ma (SFP)	Score Foc. Tecnol ogie (SFT)	Indice Focalizz azione Problem a (iSFP)	Indice Focalizz azione Tecnolog ie (iSFT)	
N	Valido	89	82	87	89	81	87	81	87
	Manca nte	0	7	2	0	8	2	8	2
Media	5,78	0,98	0,22	1,04	7,02	1,26	0,7025	0,1580	
Mediana	6,00	1,00	0,00	1,00	7,00	1,00	0,7000	0,1250	
Moda	7	1	0	1	8	1	0,80	0,13	

Deviazione std.	1,704	0,628	0,515	0,916	1,557	1,072	0,15570	0,13406	
Varianza	2,903	0,394	0,266	0,839	2,424	1,150	0,024	0,018	
Intervallo	8	2	2	3	7	4	0,70	0,50	
Minimo	0	0	0	0	3	0	0,30	0,00	
Massimo	8	2	2	3	10	4	1,00	0,50	
Percentili	25	5,00	1,00	0,00	0,00	6,00	0,00	0,6000	0,0000
	50	6,00	1,00	0,00	1,00	7,00	1,00	0,7000	0,1250
	75	7,00	1,00	0,00	2,00	8,00	2,00	0,8000	0,2500

Tabella 5

Risultati dell'Indice di Focalizzazione sul Problema e dell'Indice di Focalizzazione sulle Tecnologie

7.2 Analisi qualitativa: la comprensione dei problemi nei processi didattici

L'analisi delle interviste ha permesso di approfondire gli orientamenti di focalizzazione dell'attenzione degli studenti, facendo emergere una terza tipologia di orientamento inizialmente non considerata in questo lavoro, corrispondente nella focalizzazione sulla storia presentata ai bambini per introdurre le problematiche da risolvere con i robot: essa è presente in modo preponderante in 3 intervistati su 12 e sottesa a diversi livelli anche nelle diverse risposte alle interviste rivolte ai bambini selezionati. Anche dalle interviste non emerge una diffusa focalizzazione sulla tecnologia, che si rileva prevalentemente in alcuni soggetti con iSFT medio-alto, come nel caso di un bambino che alla domanda diretta "c'era un problema da risolvere?" risponde "bisognava andare nel sito degli scienziati, attaccare il filo e... così si muoveranno (i robot). Uno di noi abbiamo schiacciato il pulsante e si sono mossi", o nel caso di un'altra bambina che registra un iSFP di 0,60 e un iSFT di 0,38 che mostra generale disorientamento e dichiara a domanda specifica su cosa avesse appreso «ho imparato come si usa il *tablet* e anche il *computer*».

Il disorientamento è stato rilevato anche in un altro soggetto intervistato con iSFP a 0,3 e iSFT 0,37, mentre per quanto riguarda la possibilità di lavorare in gruppo, più volte i bambini ne hanno sottolineato la positività poiché ha permesso di discutere e condividere con gli altri le proprie idee, di confrontare i diversi punti di vista, o semplicemente osservando i pari («Ho imparato che lavorare in squadra è meglio»).

Un altro aspetto rilevante è che in generale l'attività è stata molto gradita da tutti («è stato divertente», «mi è proprio piaciuto»).

8. Conclusioni

Lo studio realizzato ha permesso di comprendere meglio alcuni aspetti importanti legati all'introduzione di una nuova tecnologia nella didattica di una classe. Approfondire la focalizzazione degli studenti sulla tecnologia rispetto al problema proposto nel percorso didattico ha permesso di capire che gli studenti, pur presentando interesse per i nuovi strumenti, non sembrano generalmente anteporre essi ad altri aspetti legati al compito richiesto. In parte questo sembra legato alla presenza di altri elementi che costituiscono l'articolata proposta didattica che hanno catturato l'interesse (come ad esempio gli aspetti narrativi), in parte al fatto che, come emerso dal primo incontro in aula, i bambini hanno già avuto una prima introduzione alle tecnologie in altri contesti (es. in famiglia con tablet e pc) e in alcuni casi proprio alla robotica. L'analisi degli indici di focalizzazione sul problema iSFP e di focalizzazione sulle tecnologie iSFT sembrano suggerire un quadro dove gli insegnanti possono proporre situazioni problematiche con nuovi *device* sapendo che è possibile, attraverso un'accurata conduzione didattica, mantenere l'attenzione sugli aspetti rilevanti del problema. I due indici presentano anche una correlazione significativa di -0,655, mettendo in evidenza che il calo dei livelli di focalizzazione sul problema è spesso legato a una focalizzazione sulle tecnologie.

I due indici non sembrano spiegare il quadro completo delle dinamiche didattiche, infatti se si considerano le correlazioni delle domande aperte e chiuse ricodificate, si evince che le domande aperte presentano maggiori indecisioni e una correlazione inferiore attestabile al 0,192, dato che risulta attendibile ed è in parte spiegato dall'esito delle interviste da cui emerge una certa attenzione per gli aspetti narrativi, componente importante dell'intero percorso didattico. Rispetto a ciò, il gruppo di ricerca si interroga sull'opportunità di utilizzare importanti sfondi narrativi nelle attività di robotica, che in alcuni casi convergono in processi articolati di digital storytelling e che nel progetto in questione hanno occupato anche più di un'ora di lezione, andando a coprire buona parte del monte ore totale. Anche le parti di attività legate alla costruzione dello scenario, seppur importante componente del setting, di fatto introducono altre problematiche e sottraggono risorse al processo di problem solving specifico (problema principale), aumentando le possibilità di ottenere un sovraccarico cognitivo nei bambini meno abituati ad affrontare attività articolate, meno lineari o ancora bisognosi di accompagnamento e guida prima di raggiungere un'adeguata autonomia. Quest'ultima considerazione alimenta ulteriormente la necessità di porre attenzione alla complessità totale dei percorsi didattici proposti, considerando soprattutto che le prime attività di robotica sono caratterizzate dal fatto che i bambini devono prendere confidenza con gli elementi principali sia a livello di logica di programmazione, sia a livello di procedura di assemblaggio operativa-manuale.

È possibile, in conclusione, proporre una serie di indicazioni didattiche agli insegnanti che intendono costruire percorsi simili:

- se si intende lavorare con la robotica, si suggerisce di proporre inizialmente attività molto semplici nelle fasi iniziali perché è necessario consolidare il funzionamento della tecnologia prima di utilizzarla come strumento per risolvere un problema (in pratica il problema inizialmente deve essere «come usare la tecnologia stessa», far coincidere mezzi e fini) ed evitare il sovraccarico cognitivo [27];
- gli aspetti narrativi, usati spesso come collante e scenario del quadro problematico principale, possono rilevarsi degli elementi di distrazione rispetto al focus sul problema: dalle interviste sono parse abbastanza chiare alcune evidenze caratterizzate da disorientamento e difficoltà a identificare il problema proposto, d'altronde le storie sono interessanti e coinvolgenti, svolgono bene la funzione di raccogliere interesse e stimolare i bambini, ma contemporaneamente non favoriscono la concentrazione sugli aspetti non prettamente «narrativi»;
- può risultare determinante asciugare il percorso degli elementi non necessari e ridurre il numero di *step* da seguire e giorni da dedicare all'attività, in modo da mantenere l'attenzione su pochi aspetti importanti, ripresi e messi in evidenza in ciascuno dei diversi giorni in cui il percorso viene proposto agli studenti;
- è necessario porre la giusta attenzione agli studenti più «deboli» e con sostegno, per i quali è decisamente necessaria la semplificazione dei percorsi.

Bibliografia

- [1] Wing, J.M. (2006). "Computational thinking", *Communication of the ACM*, 49, 33–35.
- [2] Bers, M. U., Portsmore, M. (2005). "Teaching partnerships: Early childhood and engineering students teaching math and science through robotics", *Journal of Science Education and Technology*, 14,1, 59-73.
- [3] Harel, I., Papert, S. (eds) (1991). *Constructionism*. Norwood, New Jersey Ablex Publishing Corporation.
- [4] Minsky, M. (1986). *The Society of mind*. Simon & Schuster.
- [5] Berthoz, A. (2014). *La scienza della decisione*, Torino Codice Edizioni.
- [6] Rogers, C., Portsmore, M. (2004). "Bringing engineering to elementary school", *Journal of STEM Education*, 5, 3, 17–28.
- [7] Barak, M., Zadok, Y. (2009). "Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving", *International Journal of Technology and Design Education*, 19(3), 289–307.
- [8] Highfield, K. (2010). "Robotic toys as a catalyst for mathematical problem solving", *Australian Primary Mathematics Classroom*, 15, 2, 22–27.
- [9] Benitti F. B. V. (2012). "Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review," *Computer Education*, 58, 3, 978–988.

- [10] Datteri, E., Zecca, L., Laudisa, F., & Castiglioni, M. (2013). "Learning to explain: The role of educational robots in science education", *Themes in Science and Technology Education*, 6, 1, 29–38.
- [11] Giordano, E. (2002). "Percorsi di apprendimento", *Tecnologie Didattiche*, n. 27, Edizioni Menabò.
- [12] 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.
- [13] Rivoltella, P. C. (2014). *La previsione. Neuroscienze, apprendimento, didattica*, Brescia La Scuola.
- [14] Wallerstein, N. (1987). "Problem-Posing Education: Freire's method for transformation" in Shor I. (Eds), *Freire for the classroom*, 34-44.
- [15] Jonassen, D. H. , Hung, W. (2008). "All Problems are Not Equal: Implications for Problem-Based Learning", *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 2, 2.
- [16] Jonassen D. H.. (2000). "Toward a Design Theory of Problem Solving. Educational Technology", *Research and Development*, 48, 4, 63-85.
- [17] Jonassen, D.H. (2011). *Learning to solve problems: A handbook*, New York Routledge.
- [18] Goldberg, E. (2010). *La sinfonia del cervello*, Firenze Ponte alle Grazie.
- [19] Barrows, H.S. (1992). *The Tutorial Process*, Southern Illinois University School of Medicine.
- [20] Woods, D. R. (1994). *Problem-based Learning: How to Gain the Most from PBL*, Waterdown, ON Donald R. Woods.
- [21] Hung, W., Jonassen, D. H., & Liu, R. (2008). "Problem-based learning" in Spector, J. M., van Merriënboer, J. G., Merrill, M. D., & Driscoll, M. (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology*, Mahwah, NJ: Erlbaum, 485-506.
- [22] Garavaglia, A. (2010). *Didattica on line*, Milano Unicopli.
- [23] Stewart, M. (2013). Let's stop focusing on shiny gadgets and start using tech to empower people. *Wired*. Retrieved from <http://www.wired.com/2013/09/focus-on-people-not-tech-and-other-impt-lessons-for-interaction-design-and-life/>
- [24] Boyce, C., Mishra, C., Halverson, K., & Thomas, A. (2014). "Getting students outside: Using technology as a way to stimulate engagement", *Science Education and Technology*, 23, 815–826.
- [25] Kamstrupp, A. (2016). "The wow-effect in science teacher education", *Cultural Studies Of Science Education*, 11, 4, 879-897.
- [26] Magnoler, P. Sorzio, P. (2012). *Didattica e competenze. Pratiche per una nuova alleanza tra ricercatori e insegnanti* Macerata EUM edizioni.
- [27] Sweller, J. (2006). The worked example effect and human cognition. *Learning and Instruction*, 16, 2, 165–169.

Biografie

Andrea Garavaglia, professore associato presso il Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca. Si occupa del tema apprendimento e nuovi media con particolare focus sugli ambienti per l'apprendimento, le metodologie didattiche, la progettazione e la valutazione dei sistemi formativi.

E-mail: andrea.garavaglia@gmail.com

Livia Petti, dottore di ricerca in Società dell'informazione, collabora da anni con l'Università degli Studi di Milano-Bicocca e con il Cremit Centro di Ricerca sull'Educazione ai Media, all'Informazione e alla Tecnologia dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano occupandosi di didattica on line, comunità di apprendimento e di pratica, strategie di tutoring, media education, processi formativi e aggiornamento degli insegnanti.

E-mail: livia.petti@gmail.com

Emiliana Murgia, insegnante di scuola primaria presso l'Istituto Comprensivo "Antonio Stoppani", Milano e conduttore di laboratori di tecnologie didattiche per il corso di laurea in Scienze della Formazione Primaria dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca.

E-mail: emilianamurgia@gmail.com

Francesca Bassi, insegnante di scuola dell'infanzia presso l'Istituto Comprensivo "Spini Vanoni" di Morbegno, collabora con la cattedra di Didattica della lettura e della scrittura del corso di laurea in Scienze della Formazione Primaria dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca.

E-mail: francesca.bassi3@gmail.com

Samantha Lisa Maranesi, insegnante neo laureata in Scienze della Formazione Primaria presso l'Università degli Studi di Milano-Bicocca

E-mail: maranesi.samantha@gmail.com

I bambini e la robo-etologia: riflessioni epistemologiche sugli stili di spiegazione del comportamento dei robot

G. Di Maio, E. Murgia, E. Datteri

Sommario

Le attività didattiche basate sull'uso di robot come mediatori dell'apprendimento coinvolgono spesso momenti di osservazione e spiegazione del comportamento del robot stesso. Quali sono i principali stili di spiegazione adottati da bambini di Scuola Primaria in questi contesti? In questo articolo si cercherà di affrontare questa domanda elaborando, anzitutto, una tassonomia di stili di spiegazione radicata nella letteratura epistemologica e distinta in alcuni sensi interessanti da altre tassonomie proposte nella letteratura sull'interazione bambino-robot. La tassonomia verrà poi esemplificata e messa alla prova nella codifica di un'esperienza in cui è stato chiesto a bambini di una classe prima di Scuola Primaria di descrivere e spiegare il comportamento di un robot pre-programmato.

Abstract

So-called "educational robotics" activities typically require children to observe and explain robot behaviours. What styles of explanation are adopted by primary school children in these contexts? This question will be addressed here by elaborating a taxonomy of styles of explanation firmly rooted in the epistemological literature and different, in some interesting respects, from other taxonomies proposed in the children-robots interaction literature. The taxonomy will be exemplified and tested in the analysis of a didactic experience in which primary school children were asked to describe and explain the behaviour of a pre-programmed robot.

Keywords: Education; explanation; robotics; scientific method

1.Introduzione

Sin dai tempi dei fondamentali lavori di Seymour Papert [1], i robot vengono spesso utilizzati come strumenti didattici per promuovere l'acquisizione di conoscenze, abilità e competenze disciplinari e trasversali di varia natura. Le attività proposte coinvolgono in genere la *costruzione* e la *programmazione* di sistemi robotici. Per esempio, nello studio descritto in [2] si chiede a studenti di scuole superiori di costruire pendoli utilizzando componenti della piattaforma LEGO Mindstorm con lo scopo di favorire la comprensione di concetti e abilità disciplinari legate alla fisica. In [3] si descrive uno studio in cui studenti delle scuole medie acquisiscono concetti relativi alla teoria dell'evoluzione attraverso la costruzione di robot. Questi esempi, come molti altri (per una rassegna abbastanza aggiornata si vedano [4] e [5]), riguardano sostanzialmente l'apprendimento di conoscenze, abilità e competenze disciplinari di area scientifica (fisica, teoria dell'evoluzione). In [6] si descrivono attività di programmazione e "debugging" robotico finalizzate all'apprendimento di competenze trasversali connesse al pensiero scientifico (osservazione, spiegazione, sperimentazione) in studenti di scuola media. In [7] si descrive un'attività di programmazione robotica finalizzata a promuovere abilità legate all'astrazione e alla generalizzazione dei fenomeni.

L'acquisizione e lo sviluppo di abilità e competenze legate al ragionamento e alla soluzione di problemi vengono generalmente promosse nella Scuola Primaria attraverso l'osservazione e la conduzione di esperimenti su piante, semplici oggetti meccanici (pendoli o leve) o insetti. In questo articolo si descrive e discute un'attività sotto certi aspetti analoga a queste, ma basata su un oggetto di studio peculiare. Tale attività (che trae ispirazione da esperienze riportate in letteratura [8]–[11]) prevede la presentazione ai bambini di un robot precedentemente programmato per reagire in modo apparentemente bizzarro agli stimoli sensoriali, come se fosse uno strano animale robotico; ai bambini si chiede di osservare il comportamento del robot, e successivamente di descriverlo e di spiegarlo utilizzando il vocabolario teorico che preferiscono (per questo l'attività qui descritta è stata chiamata "robo-etologia"). Si noti che, a differenza degli esempi esaminati in precedenza, non viene proposta ai bambini alcuna attività di programmazione. In uno studio riportato in letteratura [8], ispirato ai cosiddetti "veicoli di Braitenberg" [12], si sostiene che un'attività di robo-etologia di questo tipo (chiamata "Game of Science" dagli autori in [8]), se progettata e condotta in modo appropriato, può favorire l'acquisizione di capacità trasversali connesse al ragionamento scientifico, tra cui la capacità di osservare, di descrivere le proprie osservazioni, di proporre ipotesi esplicative, di produrre previsioni, di ideare esperimenti, di ragionare sull'appropriatezza degli esperimenti programmati rispetto alle ipotesi da testare.

L'obiettivo *didattico* dell'esperienza qui discussa è quello di promuovere lo sviluppo di alcune di queste abilità negli studenti. L'obiettivo del *gioco* proposto ai bambini è quello di scoprire il meccanismo alla base del comportamento del robot. I due obiettivi non coincidono, né il raggiungimento dell'uno richiede il raggiungimento dell'altro: si può diventare abili nell'osservare, nel proporre spiegazioni, nell'inventare e fare esperimenti, anche senza essere riusciti, alla fine

del gioco, a scoprire il meccanismo “giusto” – dunque a conseguire l’obiettivo finale del gioco. È anche per questo motivo che, nel corso dell’esperienza qui descritta, è stata data poca importanza al fatto che le ipotesi di spiegazione proposte dai bambini fossero “giuste” o “sbagliate”. Le motivazioni che hanno spinto l’insegnante e i ricercatori coinvolti a utilizzare un robot anziché materiali didattici più tradizionalmente utilizzati per l’apprendimento delle competenze in oggetto verranno esposte nella sezione successiva.

L’attività robo-etologica qui descritta intende contribuire anche a un obiettivo *di ricerca*. In [8] si identificano alcune abilità variamente connesse al ragionamento scientifico emerse durante il “Game of Science”. Tra esse figura, non sorprendentemente, l’abilità di formulare spiegazioni (naturalmente ipotetiche) del comportamento del robot. Nello studio qui descritto si identificano alcune *tipologie* di spiegazione formulate dai bambini. La tassonomia qui identificata, applicata alla codifica e all’analisi delle interazioni verbali audio-registrate tra i bambini, l’insegnante e i ricercatori coinvolti nell’attività, verrà discussa alla luce di alcune tesi proposte in letteratura [9].

L’analisi qui proposta può essere di qualche utilità all’insegnante che desidera pianificare attività simili al “Game of Science” per lo sviluppo di capacità connesse al pensiero scientifico: avere basi per ritenere – per esempio – che in certe circostanze i bambini preferiscono spiegare in termini meccanicistici anziché finalistici i comportamenti del robot, oppure descrivere le loro spiegazioni meccanicistiche in termini psicologici o meno, può essere loro d’aiuto nella scelta di particolari metodologie di conduzione, nella somministrazione di particolari situazioni-problema, nella proposta di particolari domande di riflessione. Più in generale, la tassonomia qui proposta può fornire qualche spunto per comprendere i contorni dell’immagine di “robot” che i bambini formulano nelle loro interazioni con esso.

2. Perché i robot?

È stato già messo in luce il fatto che il “Game of Science” non è, nella sostanza, particolarmente peculiare rispetto alle tradizionali attività di osservazione e spiegazione scientifica spesso condotte durante il primo ciclo d’istruzione. Non è coinvolta alcuna attività di costruzione o programmazione: i bambini vengono invitati a descrivere e spiegare il comportamento del robot più o meno nello stesso senso e modo in cui i bambini vengono invitati a descrivere e spiegare il comportamento di una formica o il processo di crescita una pianta. Sotto quali condizioni ha senso scegliere un robot come oggetto di analisi in attività di questo tipo? In linea generale, la probabilità che un robot sollevi un istintivo interesse da parte di un bambino è, al giorno d’oggi, abbastanza alta. Ma questa non può essere l’unica ragione a favore dell’adozione dei robot come mediatori dell’apprendimento. L’aura di “novità” che si accompagna all’introduzione del robot si attenua infatti spesso durante l’interazione; si deve anche tener conto del fatto che i robot stanno entrando sempre di più a far parte della quotidianità determinando dunque, verosimilmente, un’ulteriore attenuazione del cosiddetto “effetto wow!” che talvolta provocano. Vi sono dunque ragioni più solide per scegliere i robot come oggetti di indagine in

attività come il “Game of Science”? In linea con quanto proposto in [8], tali motivi riguardano essenzialmente le dimensioni della sicurezza, della manipolabilità, della velocità, della ripetibilità e della prevedibilità.

Le prime due dimensioni sono strettamente connesse tra di loro. L'osservazione e la spiegazione del comportamento di una reazione chimica possono essere pericolose per i bambini; d'altra parte, la sperimentazione diretta sul comportamento di un insetto può essere pericolosa per l'insetto stesso. Materiali di questo tipo possono dunque essere utilizzati senza pericolo in attività scolastiche soltanto a patto che sia severamente ristretta e controllata la possibilità dei bambini di manipolare tali materiali. I robot generalmente utilizzati in attività scolastiche possono invece essere manipolati senza particolari rischi né per i bambini né per i robot stessi.

La velocità: controllare se una pianta muore quando non viene annaffiata può richiedere giorni. Una volta verificatasi una reazione chimica, può essere necessario molto tempo per stabilire di nuovo le condizioni adatte a una sua riproduzione e dunque per condurre un secondo ciclo di osservazione e spiegazione. È invece necessario pochissimo tempo per rimettere un robot nella posizione di partenza per capire se è vero o meno che sta evitando gli ostacoli o avvicinandosi a fonti di luce. Il numero di esperimenti che possono essere condotti sul comportamento di un robot nell'unità di tempo è spesso molto elevato.

Le dimensioni della ripetibilità e della prevedibilità sono tra loro collegate. I robot didattici sono in genere composti da un sistema di controllo algoritmico (implementato, per esempio, nel mattoncino principale del kit LEGO Mindstorms) e da un certo numero di componenti fisici tra cui sensori, motori e telaio. In virtù della componente algoritmica del robot l'insegnante – che conosce come è programmato il robot – può formulare previsioni ragionevolmente affidabili su come il robot si comporterà in particolari condizioni durante il “Game of Science”. E questo può essere di grande aiuto alla stimolazione dei processi di apprendimento dei bambini.

Supponiamo, per esempio, che i bambini abbiano formulato l'ipotesi secondo cui il robot da loro osservato è capace di avvicinarsi a fonti luminose, e che abbiano predisposto tre scenari sperimentali in cui il robot è lasciato libero di muoversi vicino a una torcia collocata in tre posizioni diverse. Conoscendo il programma, l'insegnante può formulare previsioni ragionevolmente accurate di ciò che il robot farà in ciascuno dei tre scenari. Per esempio, sapendo che il robot *non* è programmato per reagire alla luce, può prevedere che il suo comportamento sarà identico nelle tre condizioni e concludere che i tre scenari sperimentali sono irrilevanti per valutare la plausibilità dell'ipotesi dei bambini. Avrà quindi elementi *a priori* per decidere come guidare la discussione che scaturirà dagli esperimenti o per sollevare una riflessione preliminare sull'adeguatezza degli esperimenti proposti. La relativa prevedibilità del comportamento del robot, dovuta alla sua componente algoritmica, garantisce inoltre una certa ripetibilità: se lo stesso esperimento verrà ripetuto più volte, a patto che le condizioni esterne siano *esattamente* le stesse, si potrà essere relativamente sicuri che il robot genererà comportamenti molto simili tra di loro. D'altra parte, la presenza dei componenti fisici non algoritmici (sensori, motori,

telaio) pone un certo limite proprio alla capacità predittiva dell'insegnante: il robot può generare comportamenti apparentemente incompatibili con il programma che "gira" su di esso semplicemente perché si è verificata una condizione fisica, ambientale o interna, di disturbo. In alcuni casi, tuttavia, questa apparente bizzarra comportamentale dei robot, che pur essendo strumenti dotati di "cuore" algoritmico possono sfuggire al controllo e alle capacità previsionali persino del loro programmatore, può stimolare in modo interessante la capacità di osservazione e la curiosità dei bambini.

3. Un'attività di robo-etologia con i bambini di classe prima di Scuola Primaria

3.1 Il robot e l'attività

L'esperienza "Game of Science" qui descritta è stata proposta a una classe prima di Scuola Primaria (23 studenti, di cui 16 maschi e 6 femmine) di Milano. È stata articolata in tre sessioni settimanali da 90 minuti ognuna; è stata condotta dall'insegnante di classe, da un ricercatore universitario e da due studentesse universitarie. Da ora in poi ci si riferirà a queste figure con il termine "conduttori".

L'attività ha coinvolto due robot Coderbot [8]. Il Coderbot (www.coderbot.org) è un piccolo robot *open source* basato sulla scheda Raspberry PI (Figura 1). Si muove su ruote, e possiede tre sensori ultrasonici di prossimità (montati sul lato frontale, su quello sinistro e su quello destro del robot) e una telecamera frontale. Una volta attivato genera una rete WiFi e attiva un web server: connettendosi a tale rete attraverso PC o telefono cellulare, e "puntando" un browser alla pagina principale fornita dal web server, è possibile accedere al pannello di controllo del robot che, oltre a mostrare il flusso di immagini acquisite dalla telecamera frontale, include pulsanti per la teleoperazione diretta (Figura 2, sinistra) e un ambiente di programmazione visuale (Figura 2, destra).

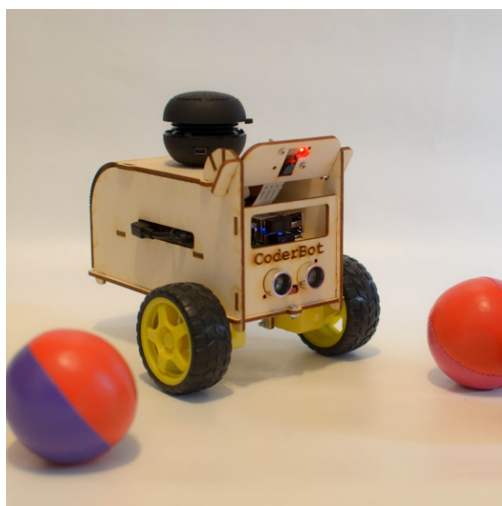
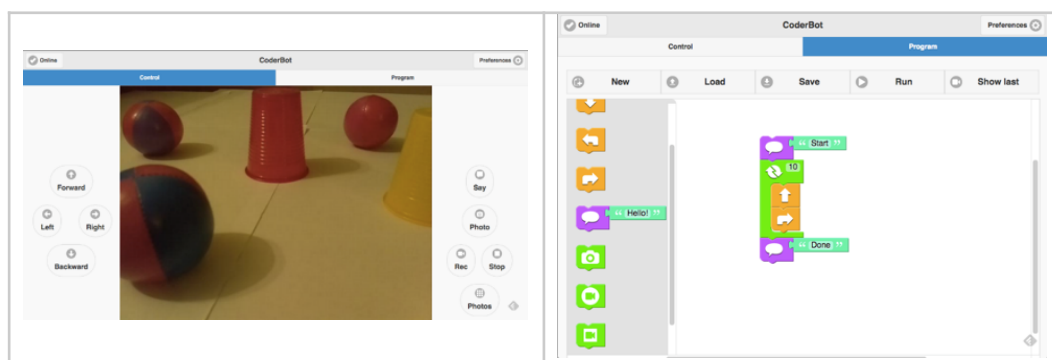


Figura 1
Il Coderbot

**Figura 2**

Sinistra: l'ambiente di telecontrollo del robot. Destra: l'ambiente di programmazione visuale

Nell'attività "Game of Science" qui descritta, il Coderbot è stato programmato in Python dai conduttori. L'architettura di controllo è *a sussunzione* [13]. Il robot si avvicina e si allontana da ostacoli, rispettivamente, lontani e vicini percepiti attraverso i sensori di prossimità laterali. La rilevazione di ostacoli vicini con il sensore frontale innesca una sequenza di tremolii apparentemente bizzarri. Dopo aver rilevato un certo numero di ostacoli la velocità del robot si dimezza temporaneamente, simulando una sorta di "stanchezza". In assenza di ostacoli, il robot si muove in avanti.

L'esperienza ha coinvolto due Coderbot programmati in modo identico e collocati in due arene sperimentali situate fuori dall'aula. I conduttori hanno suddiviso la classe in quattro gruppi di alunni. In ognuna delle fasi di "osservazione", ciascuna della durata di circa 10 minuti, i vari gruppi – a turno – erano liberi di osservare i robot nelle arene sperimentali. Alcuni di loro venivano occasionalmente autorizzati a entrare nell'arena e interagire con il robot. Dopo ogni fase di osservazione i gruppi tornavano in classe e, sotto la guida dei conduttori, erano invitati a riflettere su ciò che avevano osservato. In particolare, erano invitati a rispondere alle seguenti domande: 1) Cosa fanno i robot? 2) Perché lo fanno? Il ruolo dei conduttori, oltre a quello di porre tali domande, consisteva soprattutto nell'avanzare richieste di chiarimento e di elaborazione delle opinioni dei bambini: in nessun caso i conduttori hanno espresso valutazioni sulla plausibilità delle risposte da loro fornite o dato risposte "esperte" alle loro domande. L'obiettivo didattico dell'esperienza, come si è ricordato, era quello di stimolare le capacità di osservazione e spiegazione autonoma dei comportamenti del robot. Occasionalmente, gli studenti proponevano esperimenti per testare i loro tentativi di spiegazione, esperimenti che venivano eseguiti nella successiva fase di osservazione.

3.2 L'immagine dei robot nei bambini

Come sottolineato nell'introduzione, il "Game of Science" qui descritto è stato svolto nell'ambito di un'attività di ricerca finalizzata ad analizzare gli stili di spiegazione adottati dai bambini di Scuola Primaria durante l'analisi dei comportamenti del robot. Ecco perché l'attività è stata interamente audio-

registrata; le trascrizioni sono state poi sottoposte a un processo di codifica, eseguito da una delle autrici di questo articolo, sulla base di una tassonomia di categorie definita dagli autori prima dell'esperienza. Questa sezione è dedicata alla presentazione e discussione di questa tassonomia.

Vari autori si sono proposti di comprendere il modo in cui i bambini percepiscono, descrivono e interpretano il comportamento dei robot. Traendo ispirazione da [14], in [9] si distingue tra una prospettiva *psicologica* e una prospettiva *tecnologica* nell'analisi dei comportamenti dei robot: "Mentre la prima prospettiva attribuisce i comportamenti del robot a scopi più alti, interpretandoli come mossi da personalità, intenzioni ed emozioni animate, la seconda identifica rapporti di causalità nei materiali inanimati e nei blocchi informativi che costituiscono il meccanismo del sistema (ovvero parti fisiche, come i motori e i sensori, e il programma di controllo, che gestisce le interazioni del sistema). A volte le due prospettive vengono assunte in momenti distinti; al proseguire dell'interazione con tali artefatti si creano connessioni e interrelazioni tra di esse" (p. 338).

Altrove nello stesso articolo, gli autori presentano la distinzione tra la prospettiva psicologica e tecnologica come una distinzione tra due *modi di esprimere le regole di condizione-azione* che disciplinano il comportamento di un robot. Secondo gli autori, si adotta una visione tecnologica ogni volta che il comportamento del robot viene analizzato nei termini di regole condizione-azione che collegano gli *ingressi* (condizioni) e le *uscite* (azioni) del dispositivo. La prospettiva psicologica sarebbe invece caratterizzata dalla formulazione di regole condizione-azione che collegano le caratteristiche del *contesto* con il *comportamento* del sistema. Gli autori purtroppo non forniscono chiarimenti su questa definizione, e gli esempi non aiutano a capire. L'affermazione "ha rilevato la luce", formulata da un bambino che ha partecipato alla ricerca, viene classificata dagli autori come pertinente a una prospettiva tecnologica anche se non viene descritta alcuna regola ingresso-uscita; l'affermazione che il robot "non sa cosa sia il bianco" è classificata come psicologica nonostante non si esprima alcun legame tra contesto e comportamento. In ogni caso, gli autori ritengono con Ackermann [14] che "l'integrazione dei due tipi di spiegazione – ovvero la sintesi tra la prospettiva comportamentale e psicologica – è elemento cruciale di una spiegazione completa".

Il lavoro appena descritto fornisce spunti interessanti per la comprensione dell'immagine che i bambini hanno dei robot. Tuttavia, la distinzione tra le due prospettive identificate dagli autori merita un'ulteriore analisi. In primo luogo, *su cosa* esattamente si può adottare una prospettiva psicologica o tecnologica? Secondo gli autori, tale prospettiva riguarda la "comprensione" ("understanding") dei comportamenti del robot – comprensione che potrebbe essere caratterizzata, appunto, da una prospettiva psicologica o tecnologica. Si propone qui che il vago riferimento alla "comprensione" dei comportamenti del robot può essere efficacemente sostituito con un riferimento più specifico ai due processi principali che rendono possibile tale comprensione, vale a dire la *descrizione* e la *spiegazione* dei comportamenti del robot. Un modo per riformulare l'affermazione

di [9] è dunque il seguente: i bambini possono produrre descrizioni e spiegazioni psicologiche o tecnologiche sul comportamento dei robot.

In cosa inoltre le due prospettive differiscono realmente tra di loro? Nel primo dei due contesti citati gli autori affermano che la prospettiva psicologica è caratterizzata dall'attribuzione di scopi superiori, intenzioni ed emozioni, personalità e volontà al robot, mentre la prospettiva tecnologica è caratterizzata dall'individuazione di processi causali nel materiale inanimato e istruttivo. Questo modo di esprimere la distinzione presta il fianco a numerose obiezioni concettuali.

In primo luogo, non è chiaro perché l'attribuzione di "scopi superiori", qualunque cosa ciò significhi, debba essere necessariamente connessa all'adozione di una prospettiva psicologica sui robot. Com'è noto, i pionieri del movimento cibernetico Rosenblueth, Wiener e Bigelow [15] hanno sostenuto con buone ragioni che è sensato attribuire uno scopo a una macchina qualora tale macchina sia guidata da un meccanismo a retroazione negativa, indipendentemente dal fatto che tale meccanismo sia descritto in termini psicologici o no. L'analisi cibernetica implica, per esempio, che un termostato (dispositivo a retroazione negativa) possa essere incluso nella classe dei dispositivi orientati a uno scopo nonostante ammetta una descrizione non psicologica. L'affermazione degli autori meriterebbe dunque chiarimenti e ulteriori giustificazioni alla luce delle importanti posizioni cibernetiche sulla natura dei processi orientati a uno scopo.

In secondo luogo, gli autori affermano che l'adozione di una prospettiva tecnologica si rivela anche dal riferimento ai processi *causali* che hanno luogo nel meccanismo di elaborazione delle *informazioni* che governa il sistema in esame. Ma non è affatto chiaro in che senso si possa affermare che un meccanismo di elaborazione delle informazioni è causale, almeno nello stesso senso in cui generalmente si ritiene che particolari processi fisici lo siano. E non è chiaro nemmeno perché l'analisi di un sistema in termini di meccanismo di elaborazione delle informazioni dovrebbe essere così strettamente connessa all'adozione di una prospettiva non psicologica: in molti casi, soprattutto nell'ambito delle scienze cognitive, le spiegazioni formulate in termini di meccanismi di elaborazione delle informazioni sono espresse proprio in termini psicologici [16], [17].

Alla luce di questi elementi di vaghezza, proponiamo di riformulare la distinzione tra la prospettiva psicologica e quella tecnologica in termini di due distinzioni tra loro ortogonali. La prima riguarda l'adozione di un particolare *vocabolario teorico* nella spiegazione del comportamento del robot. Si sceglie di utilizzare un vocabolario *psicologico* quando si attribuiscono, appunto, stati mentali, rappresentazioni interne, libero arbitrio ed emozioni al sistema ("Il robot *vuole* uscire dall'arena"). Si può anche scegliere però di utilizzare un vocabolario *non* psicologico come quello della fisica ("Il robot si muove usando elettricità") o della biologia ("Il robot ha un cervello"). La seconda distinzione, ortogonale a quella appena introdotta, riguarda in particolare lo *stile* o la *struttura* della spiegazione: si può formulare una spiegazione *teleologica* del comportamento di un robot ("Il robot ha girato a sinistra *per raggiungere la luce*") o

meccanicistica ("Il robot ha girato a sinistra *perché i suoi sensori hanno rilevato la presenza di un ostacolo sulla destra*"). Nel primo caso si spiega un particolare comportamento individuando lo scopo – generalmente futuro – per cui tale azione viene compiuta. Nel secondo caso, invece, il comportamento viene spiegato con riferimento alle sue cause antecedenti. La distinzione tra spiegazioni teleologiche e meccanicistiche è stata ampiamente discussa nella letteratura filosofica [18], [19].

La distinzione tra prospettiva psicologica e tecnologica proposta in [9] confonde le due distinzioni appena introdotte. Nella chiave qui proposta nulla impedisce di formulare una spiegazione psicologica e meccanicistica assieme, che non attribuisce alcuno scopo al sistema – una possibilità preclusa dall'analisi in [9], secondo cui le spiegazioni psicologiche sono intrinsecamente finalistiche (dunque non meccanicistiche) poiché attribuiscono "scopi" al sistema. Un'affermazione come "Il robot ha girato a sinistra perché ha pensato che ci fosse un ostacolo sulla destra" adotta un vocabolario teorico psicologico ("ha pensato") ma allo stesso tempo è meccanicistica: si spiega la deviazione a sinistra non attraverso il riferimento al fine di tale azione, bensì ai fattori che l'hanno causata (ovvero il pensiero – antecedente alla deviazione – che vi fosse un ostacolo sulla destra). D'altra parte, nell'analisi qui proposta – ma non in quella proposta in [9] – nulla vieta di formulare una spiegazione finalistica (che dunque attribuisce uno scopo al sistema) non psicologica. La spiegazione presa sopra a esempio - "Il robot ha girato a sinistra per raggiungere la luce" - è chiaramente finalistica, ma nessuno stato o proprietà mentale viene attribuito al sistema (a meno che non si ritenga, in contrasto con le posizioni cibernetiche, che avere uno scopo implichi avere una mente). La Tabella 1 riepiloga le distinzioni proposte che, nell'insieme, offrono una tassonomia provvisoria e preliminare potenzialmente utile per l'analisi degli stili di spiegazione dei comportamenti del robot nel "Game of Science" e in altri contesti di ragionamento scientifico.

	<i>Linguaggio psicologico</i>	<i>Linguaggio non psicologico</i>
<i>Meccanicistica</i>	Il robot ha girato a sinistra perché ha pensato che ci fosse un ostacolo sulla destra.	Il robot ha girato a sinistra perché i suoi sensori hanno rivelato la presenza di un ostacolo sulla destra.
<i>Teleologica</i>	Il robot ha girato a sinistra per raggiungere la luce che voleva raggiungere.	Il robot ha girato a sinistra per raggiungere la luce.

Tabella 1

Riepilogo dei principali tipi di spiegazione discusse nell'articolo, con esempi.

4. Alcuni esempi

Durante il "Game of Science" qui descritto i bambini hanno formulato molte spiegazioni che esemplificano le categorie e le distinzioni appena discusse. Ecco alcuni esempi di spiegazioni *teleologiche* e *non psicologiche*:

Conduttore: Ok, siete tutti d'accordo? Ok, adesso, secondo voi perché scava?

Bambino: Scava per trovare le cose che ha trovato.

Conduttore: Quindi ragazzi cosa avete capito prima? Avete capito qualcosa su perché lo fa o su cosa fa?

Bambino: ho capito che quello...così sbatte fa un buco per passarci, va nell'altro spazio e il gioco è fatto.

Queste spiegazioni sono chiaramente teleologiche. Ma non vi è alcuna attribuzione di stato mentale al robot: sotto l'ipotesi che avere uno scopo non implichi avere una mente, queste spiegazioni possono dunque essere classificate come non psicologiche. Ecco invece un esempio di spiegazione *teleologica* e *psicologica* formulata dai bambini che hanno partecipato a questa ricerca.

Conduttore: Cosa sta facendo ora ragazzi?

Bambino: Si sta muovendo!

Conduttore: E come mai si muove così?

Bambino: Perché vuole andare dal suo amico!

Conduttore: Vuole andare dove era nato.

Si potrebbe obiettare il fatto che queste spiegazioni sono soltanto apparentemente teleologiche. Vi è sicuramente l'espressione di uno scopo: il robot si muove così *per andare dal suo amico*. Tuttavia, il fatto che - secondo il bambino - spiega davvero il comportamento del robot è che quest'ultimo *vuole* far visita a un amico e questo "atto" di volontà può legittimamente essere considerato come uno dei fattori causali del movimento, rendendo dunque la spiegazione meccanicistica. Si potrebbe addirittura, seguendo questa linea di ragionamento, essere portati a ritenere che ogni spiegazione in cui si afferma che il robot compie una certa azione perché *vuole*, *crede*, *desidera*, *intende* raggiungere un particolare scopo dovrebbe essere classificata come psicologica e *meccanicistica*, in chiaro contrasto con le affermazioni di Ackermann [14] secondo cui le spiegazioni psicologiche sono intrinsecamente

teleologiche. Il fatto che spiegazioni di questo tipo indichino uno scopo che il robot vuole raggiungere fornisce comunque qualche ragione per classificarle come teleologiche, almeno in attesa di un'analisi più approfondita di questo problema concettuale.

Alcune spiegazioni *meccanicistiche* formulate dai bambini sono state espresse in termini *non psicologici*, come negli esempi che seguono.

Bambino 1: Perché dall'altra parte ci sono le altre due ruote!

Bambino 2: Perché ha due chiavette dentro.

Questi sono abbozzi di spiegazione meccanicistica – non vi è alcun riferimento al fine del comportamento da spiegare – e non psicologica – non vi è alcun riferimento agli stati mentali del sistema. Ecco invece alcuni esempi di spiegazione meccanicistica psicologica:

Bambino 1: (Si è fermato) perché stava pensando dove andare.

Bambino 2: Eh sì, perché capisce che quindi ci muovevamo quindi decide di aspettare.

Bambino 3: ...forse perché era felice.

Bambino 4: Perché è felice o forse perché è arrabbiato, forse perché è triste, forse ha fame.

Queste spiegazioni sono descritte in termini psicologici: attribuiscono stati mentali ed emozioni al robot. Tali stati mentali ed emozioni vengono tuttavia indicati come cause del comportamento in esame. Le spiegazioni psicologiche, contrariamente alle posizioni discusse in precedenza, non sono necessariamente finalistiche.

L'analisi delle trascrizioni raccolte nell'esperienza qui descritta ha offerto spunti per articolare ulteriormente la tassonomia dei tipi di spiegazione illustrati finora. Le spiegazioni psicologiche e meccanicistiche, per esempio, possono attribuire una mente all'intero robot ("... perché il robot vuole uscire dall'arena") o a una parte di esso ("Il robot va lì perché le ruote vogliono andare lì"). Possono attribuire stati e processi cognitivi ("... perché il robot sta pensando dove andare") o stati e processi emotivi ("... perché è triste"). Gli stati emotivi possono essere duraturi ("... perché sono timidi") o transitori ("... perché sono arrabbiati con il suo amico"). Gli stati e processi cognitivi attribuiti al robot possono essere di varia natura. In alcuni casi si attribuisce intenzione e libero arbitrio al robot, come nel seguente esempio già discusso:

Conduttore: E come mai si muove così?

Bambino: Perché vuole andare dal suo amico!

In altri casi si attribuisce al robot non solo la capacità di volere liberamente cose, ma anche di *decidere come fare* ciò che vuole fare, come nell'esempio che segue.

Conduttore: Quindi Luca dice che continua a cercare l'uscita.

Bambino: Eh sì, perché capisce che quindi ci muovevamo quindi decide di aspettare.

5. Osservazioni conclusive

La comprensione scientifica e ordinaria della realtà richiede la capacità di osservare e spiegare i fenomeni naturali. In questo articolo, traendo spunto ed elaborando ricerche presenti nella recente letteratura sull'uso didattico dei robot, si è proposta l'ipotesi che sistemi robotici pre-programmati possano essere utilizzati come strumenti per promuovere l'acquisizione di capacità e competenze funzionali alla comprensione scientifica dei fenomeni naturali. È stata descritta e discussa, anche attraverso l'analisi di alcuni esempi di dialogo tra i bambini, un'attività "robo-etologica" chiamata "Game of Science". È stata inoltre proposta una tassonomia di tipi di spiegazioni prodotte dai bambini, che affonda le sue radici nell'indagine epistemologica sul concetto di spiegazione e si differenzia in misura significativa da altre tassonomie proposte in letteratura. Studi futuri affineranno ed elaboreranno ulteriormente tale tassonomia, e la metteranno alla prova nella codifica di altre esperienze simili o dissimili dal "Game of Science". L'ipotesi sullo sfondo di questo lavoro, in ogni caso, è che una tassonomia del genere può assistere gli insegnanti nell'analisi dei processi attraverso i quali i bambini imparano a comprendere e spiegare i comportamenti dei robot con cui interagiscono durante le attività cosiddette di "robotica educativa" e, più in generale, a comprendere e spiegare, anche attraverso strategie di sperimentazione metodologicamente sensate, i fenomeni del mondo naturale.

Bibliografia

- [1] S. Papert, *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: Basic Books, 1980.
- [2] W. Church, T. Ford, N. Perova, and C. Rogers, "Physics With Robotics-Using LEGO MINDSTORMS In High School Education.," *Educ. Robot. Beyond*, pp. 47–49, 2010.
- [3] L. E. Whittier and M. Robinson, "Teaching Evolution to Non-English Proficient Students by Using Lego Robotics", *American Secondary Education*, vol. 35, no. 3, pp. 19–28, 2016
- [4] F. B. V. Benitti, "Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review," *Comput. Educ.*, vol. 58, no. 3, pp. 978–988, 2012.
- [5] O. Mubin, C. J. Stevens, S. Shahid, A. Al Mahmud, and J.-J. Dong, "A Review of the Applicability of Robots in Education," *Technol. Educ. Learn.*, pp. 1–7, 2013.

- [6] F. R. Sullivan, "Robotics and Science Literacy: Thinking Skills , Science Process Skills and Systems Understanding," *J. Res. Sci. Teach.*, vol. 45, no. 3, pp. 373–394, 2008.
- [7] S. Atmatzidou and S. Demetriadis, "Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences," *Rob. Auton. Syst.*, vol. 75, pp. 661–670, Jan. 2016.
- [8] E. Datteri and L. Zecca, "The Game of Science: An Experiment in Synthetic Roboethology with Primary School Children," *IEEE Robot. Autom. Mag.*, vol. 23, no. 2, pp. 24–29, Jun. 2016.
- [9] S. T. Levy and D. Mioduser, "Does it 'want' or 'was it programmed to...'? Kindergarten children's explanations of an autonomous robot's adaptive functioning," *Int. J. Technol. Des. Educ.*, vol. 18, no. 4, pp. 337–359, Oct. 2008.
- [10] S. T. Levy and D. Mioduser, "Approaching complexity through playful play: Kindergarten children's strategies in constructing an autonomous robot's behavior," *Int. J. Comput. Math. Learn.*, vol. 15, no. 1, pp. 21–43, 2010.
- [11] D. Mioduser and S. T. Levy, "Making sense by building sense: Kindergarten children's construction and understanding of adaptive robot behaviors," *Int. J. Comput. Math. Learn.*, vol. 15, no. 2, pp. 99–127, 2010.
- [12] V. Braitenberg, *Vehicles. Experiments in Synthetic Psychology*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1986.
- [13] R. C. Arkin, *Behavior-based robotics*. The MIT Press, 1998.
- [14] E. Ackermann, "The agency model of transactions: Towards an understanding of children's theory of control," in *Psychologie genetique et sciences cognitives*, J. Montangero and A. Tryphon, Eds. Geneve: Fondation Archives Jean Piaget, 1991.
- [15] A. Rosenblueth, N. Wiener, and J. Bigelow, "Behavior, Purpose and Teleology," *Philosophy of Science*, vol. 10, no. 1. p. 18, 1943.
- [16] G. Piccinini and A. Scarantino, "Computation vs. information processing: Why their difference matters to cognitive science," *Stud. Hist. Philos. Sci. Part A*, vol. 41, no. 3, pp. 237–246, 2010.
- [17] E. Datteri, *Che cos'è la scienza cognitiva*. Roma: Carocci, 2017.
- [18] S. Psillos, *Causation and Explanation*. Montreal, Canada: McGill-Queen's University Press, 2003.
- [19] F. Laudisa and E. Datteri, *La natura e i suoi modelli. Un'introduzione alla filosofia della scienza*. Bologna: Archetipo, 2011.

Biografie

Giovanna Di Maio si è laureata in Comunicazione Interculturale nel 2017 con una tesi improntata sull'analisi degli stili di spiegazione del comportamento di robot pre-programmati da parte di bambini di scuola primaria. Ha inoltre conseguito un master di primo livello in Tourism Strategy and Management.

E-mail: giovanna.dimaio0908@gmail.com

Emiliana Murgia, insegnante e formatrice, da vent'anni si occupa di tecnologie didattiche. Dal 2013 conduce Laboratori di Tecnologie Didattiche presso l'Università degli Studi di Milano-Bicocca. Collabora a progetti di ricerca dell'Ateneo relativi allo sviluppo del pensiero computazionale mediante l'introduzione di realtà virtuale e aumentata, robotica e coding. Progetta e conduce corsi di formazione su tecnologie nella didattica rivolte ai docenti.

E-mail: emilianamurgia@gmail.com

Edoardo Datteri è ricercatore in filosofia della scienza presso il Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione "R. Massa", Università degli Studi di Milano-Bicocca. Si occupa di questioni metodologiche legate alle scienze cognitive, all'Intelligenza Artificiale e all'uso dei robot come strumenti per la ricerca scientifica. È responsabile del RobotiCSS Lab – Laboratorio di Robotica per le Scienze Cognitive e Sociali ed è docente del corso "Educational Robotics" nell'ambito della Laurea Magistrale in Scienze Pedagogiche presso lo stesso Ateneo.

E-mail: edoardo.datteri@unimib.it

CoderBot:

Un robot didattico open source

R. Previtera

Sommario

L'articolo descrive il progetto di ricerca che ha portato alla realizzazione e impiego di un robot didattico che potesse ovviare ai principali limiti dei prodotti esistenti, in particolare in termini di facilità di programmazione e flessibilità di utilizzo, e consentire attività didattiche nuove e stimolanti nel contesto di un progetto di sviluppo "open source" ovvero liberamente utilizzabile ed estendibile dalla comunità di utilizzatori: università, scuole, educatori.

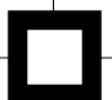
Il robot è stato impiegato in diverse sessioni didattiche con alunni della Scuola Primaria; si è nel tempo evoluto rispetto al progetto iniziale in modo da soddisfare i requisiti dei progetti didattici definiti da pedagogisti e insegnanti.

Abstract

The article describes the research project that led to the creation and use of a didactical robot that could overcome the major constraints of existing products, in particular in terms of ease of programming, flexibility and enabling new and stimulating teaching activities in the context of an open source development project that is freely usable and extensible by the user community: Universities, Schools, Educators.

The robot was employed in several teaching sessions in the Primary School; the robot has evolved from the initial design to meet the requirements of educational projects defined by pedagogues and teachers.

Keywords: Educational robotics, teaching, coding, edutech, computer vision, logical thinking, tinkering, open source



1. Introduzione

I robot didattici sono strumenti che permettono all'insegnante di proporre alla classe delle attività didattiche stimolanti e coinvolgenti in diverse discipline. Per "robot didattico" si intende un oggetto, generalmente costituito da un veicolo dotato di ruote o cingoli, in grado di spostarsi su superfici in base ai comandi impartiti da un programma scritto dall'utente del robot stesso. Nella maggior parte dei casi i robot sono dotati di sensori di vario tipo, atti a percepire la presenza di ostacoli o differenze di luce e colore nell'ambiente che li circonda. Nel mercato sono disponibili prodotti commerciali specificamente progettati per l'uso didattico e con caratteristiche adatte alle diverse fasce di età, tipicamente bambini in età prescolare (3-5 anni), 6-11 anni e oltre i 12 anni.

I robot commerciali sono però generalmente prodotti "chiusi" e non presentano margini di personalizzazione. Non permettono inoltre lo sviluppo di funzionalità nuove e diverse rispetto a quelle previste dal produttore. La progettazione delle attività di robotica didattica spesso richiede strumenti flessibili e aperti, che consentano all'insegnante di personalizzare il più possibile le caratteristiche del robot e dell'interfaccia usata dagli allievi nel corso dell'attività didattica stessa. La stessa attività di progettazione e realizzazione del robot in alcuni casi può essere parte integrante dell'esperienza didattica: agli allievi è dato il compito di immaginare, costruire o anche solo modificare (il "tinkering" [3]) la migliore macchina in grado di svolgere un certo esercizio. Altre attività possono invece proporre temi totalmente aperti, volti a liberare del tutto la fantasia e immaginare "macchine inutili" [1].

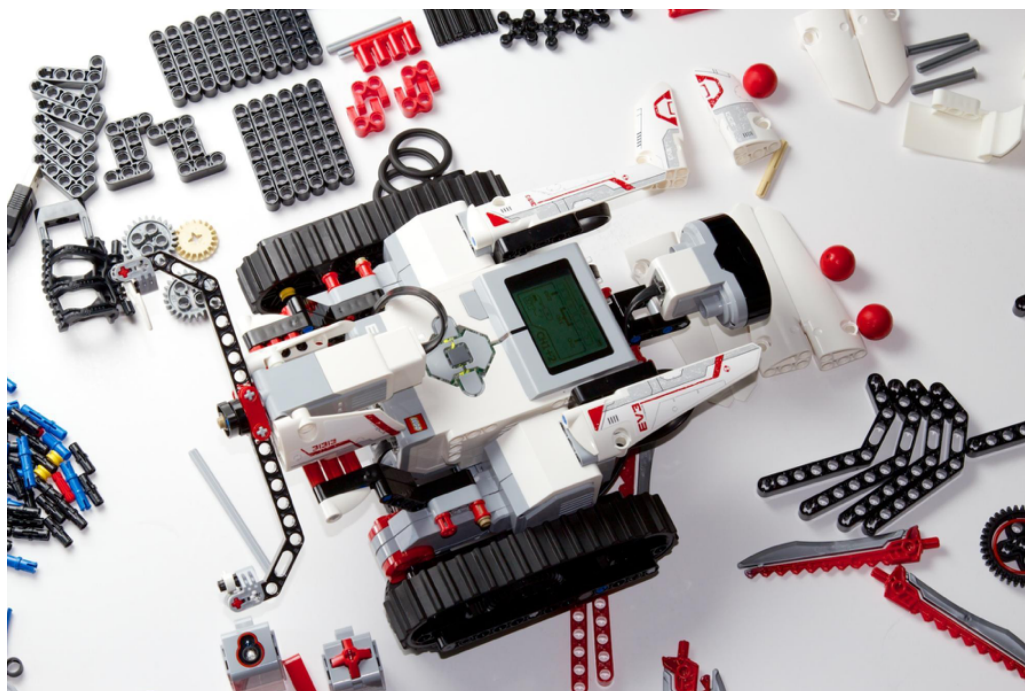
Fatta eccezione per Lego Mindstorms (NXT e il più recente EV3), la maggior parte dei robot commerciali sono costituiti da un telaio di forma predefinita e non modificabile, anche se alcune soluzioni permettono l'aggiunta di accessori che ne alterino l'aspetto esteriore, senza modificarne le funzioni e caratteristiche principali.

L'obiettivo di questo articolo è descrivere CoderBot, un robot programmabile espressamente pensato per usi didattici, aperto ed estendibile. L'articolo sarà organizzato come segue. Nella sezione 2 si descriverà l'offerta dei prodotti commerciali più diffusi al momento disponibili. La sezione 3 definisce in dettaglio gli obiettivi del progetto CoderBot e le caratteristiche di interesse per l'utilizzatore finale. Le caratteristiche tecniche del CoderBot realizzato saranno descritte nella sezione 4. Infine, la sezione 5 proporrà alcune considerazioni conclusive e cenni ai prossimi passi di sviluppo.

2. Uno sguardo al mercato

2.1. Lego Mindstorms

Lego Mindstorms può essere considerata la piattaforma di riferimento per la robotica didattica per la scuola Primaria e Secondaria, sia per la flessibilità permessa dall'uso di parti Lego standard (la serie Technic dispone di un vastissimo catalogo di parti meccaniche) che per la possibilità di scrivere programmi anche complessi.

**Figura 1***Lego Mindstorms EV3**(fonte: <https://arstechnica.com/gadgets/2013/08/review-lego-mindstorms-ev3-means-giant-robots-powerful-computers/>)*

Per contro, l'ambiente e il linguaggio di programmazione non sono di semplice utilizzo e ne rendono complicato l'utilizzo nella scuola Primaria, specie nelle prime classi. In questo caso infatti proprio la ricchezza di funzioni a disposizione, un vantaggio per il programmatore esperto, tendono a rappresentare delle distrazioni per l'utilizzatore alle prime armi (sia che si tratti di un adulto che di un alunno). In questo caso è spesso il docente a programmare il robot, almeno per le parti più complesse, lasciando agli allievi il compito di modificare alcune parti del programma.

2.2 Lego WeDo (2.0)

WeDo è un kit composto da mattoncini lego (280 nella versione 2.0), un motore e due sensori. È programmabile con un linguaggio a blocchi molto semplice disponibile come App da installare su PC o tablet, connessi a WeDo tramite Bluetooth.

Le caratteristiche estremamente semplificate, ma anche limitate, sia del linguaggio di programmazione che della meccanica stessa (l'unico attuatore disponibile, un motore, consente di costruire veicoli con un solo grado di libertà) non lo rendono di fatto un vero e proprio robot didattico quanto più un sistema estremamente semplice per introdurre concetti di pensiero logico e programmazione in un ambiente familiare per i bambini, come i mattoncini lego.



Figura 2
Lego WeDo
(fonte: <https://scratch.mit.edu/wedo>)

2.2. BeeBot e BlueBot

BeeBot è un robot didattico ispirato alla tartaruga Logo ideata da Seymour Papert nel 1967. È uno strumento molto semplice e volutamente limitato alla programmabilità tramite i soli cinque pulsanti posti sulla parte superiore del robot stesso: premendo in sequenza i pulsanti, il robot memorizza le azioni che saranno eseguite alla pressione del tasto di avvio di colore verde, visibile al centro del robot



Figura 3
BeeBot
(fonte: <https://kinderghajnsielem.wordpress.com/2012/05/23/bee-bot-activity/>)

BlueBot è la versione evoluta di BeeBot: oltre alle funzioni descritte in precedenza può connettersi in modalità wireless (protocollo Bluetooth) a un tablet o smartphone che, tramite App gratuita, può essere usato per programmare il robot utilizzando un linguaggio di programmazione basato sulla stessa metafora dei pulsanti posti sul robot, potendo inoltre visualizzare la sequenza completa sullo schermo, con la possibilità di alterare alcune istruzioni senza azzerare l'intero programma.



Figura 4

App di programmazione di BlueBot

(fonte: <https://play.google.com/store/apps/details?id=air.BlueBot>)

La caratteristica peculiare del robot è l'essere intuitivo e preciso nei movimenti, sia fisicamente che nella programmazione.

2.3. Thymio II

Thymio è un robot programmabile sviluppato dall'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). È caratterizzato da un telaio non modificabile, ma è meccanicamente compatibile con i pezzi Lego e può quindi essere esteso, pur con limitazioni, in modo da realizzare macchine con funzioni differenti dal semplice robot semovente.



Figura 5
Thymio II
 (fonte: <http://www.mobsya.org/>)

È dotato di sensori di prossimità (infrarossi), temperatura e accelerometro; è programmabile in vari linguaggi, compreso un linguaggio con paradigma “a eventi” che semplifica molto la gestione di eventi esterni (come la presenza di ostacoli) nel programma. Nel paradigma di programmazione procedurale (anche detto “imperativo”), il programma di controllo di un robot consiste generalmente di un ciclo (“loop”) principale all’interno del quale sono eseguite in sequenza tre macro blocchi di istruzioni: lettura dei sensori, aggiornamento dello stato logico del robot e decisione delle azioni da compiere, azionamento attuatori (motori per movimento o braccia). Nel paradigma di programmazione a eventi il programma è invece organizzato in “reazioni” (detti “gestori di eventi”, “event handlers” in inglese) a determinati eventi predefiniti dal software del robot.

Ad esempio, un tipico programma in un linguaggio con paradigma a eventi sarà:

- evento: pressione del tasto “freccia avanti”, reazione: avviare motori in avanti.
- evento: distanza da ostacolo inferiore a soglia, reazione: attivare motori in modo da far girare il robot a destra.

Il robot è inoltre un progetto di pubblico dominio, sia per la parte hardware che software. Tuttavia le componenti hardware non sono prodotti standard di mercato, come ad esempio lo sono le varie board progettate da Arduino (anch’esse di pubblico dominio) o Raspberry (che invece è proprietario), e la possibilità di riprodurre il robot in proprio non è da considerarsi semplice ed economica.

2.4 mBot

mBot è un robot prodotto da Makeblock, azienda che commercializza parti in alluminio assemblabili per costruire oggetti di vario tipo (tra cui stampanti 3d, robot, e rover).

mBot è venduto come kit da assemblare, è dotato di una scheda che alloggia sia un microcontroller (Arduino-like) che la parte elettronica per controllare motori e sensori. Questi ultimi includono un sensore di prossimità a ultrasuoni e due sensori di luminosità per progetti di tipo "line follower".

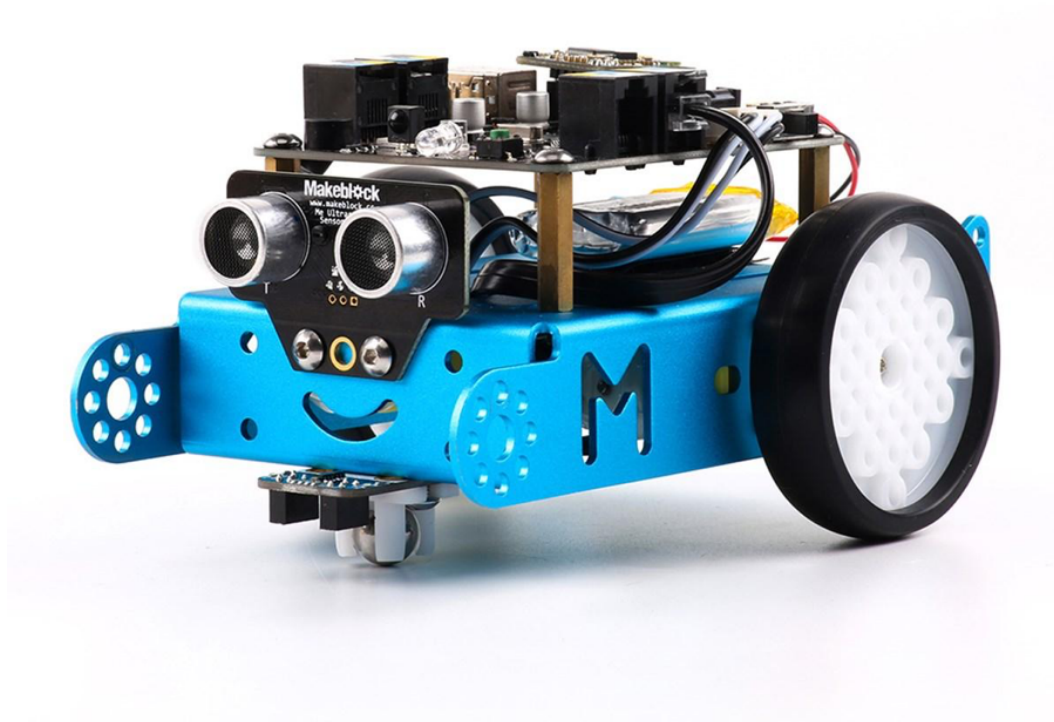


Figura 6
mBot

(fonte: http://store.makeblock.com/index.php?route=product/product&search=inventor&product_id=6717)

Il telaio in alluminio è robusto e il robot è piuttosto semplice da assemblare.

Anche mBot, come la maggior parte dei robot, richiede un computer esterno con a bordo un software specifico per essere programmato; in questo caso esiste un ambiente di programmazione derivato da Scratch (il tool di programmazione a blocchi sviluppato da MIT) che permette sia la programmazione a blocchi che quella testuale (il linguaggio C-like di Arduino).

2.5. Robot open source

Il progresso della tecnologia ha recentemente messo a disposizione anche componenti elettronici (Arduino, Raspberry Pi per citare i principali) che consentono la realizzazione di robot programmabili assemblando componenti disponibili sul mercato.

La realizzazione di un robot con tali componenti, pur semplificata rispetto a qualche anno fa, comporta la necessità di avere dimestichezza con aspetti della tecnologia elettronica ed informatica non banali e non alla portata di tutti.

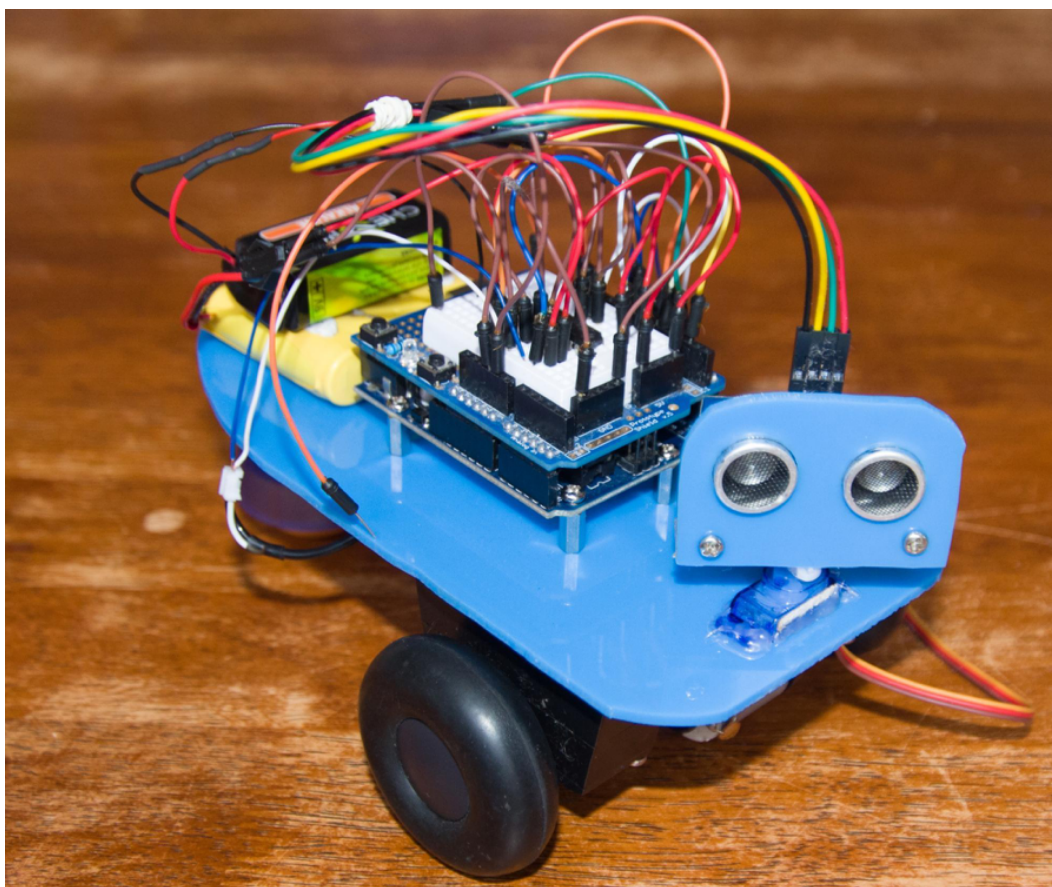


Figura 7

Robot basato su Arduino

(fonte: <http://www.instructables.com/id/James-Your-first-Arduino-Robot/>)

3. CoderBot

È parso opportuno, ai fini di supportare la definizione di attività didattiche evolute (ovvero in grado sviluppare vari tipi di competenze e di stimolare il ragionamento), realizzare un robot didattico che potesse unire la semplicità d'uso di un prodotto commerciale all'apertura e flessibilità di un prodotto assemblato con componenti standard di mercato e "aperto" a modifiche e integrazioni.



Figura 8
CoderBot

CoderBot, il cui nome deriva dalle parole anglosassoni “Coder”, ovvero “programmatore” e “Bot”, abbreviazione di “robot”, nasce quindi con l’obiettivo di essere un prodotto di semplice realizzazione, flessibile e liberamente modificabile ed estendibile in modo da consentire a docenti e ricercatori di sviluppare attività didattiche integrate nel progetto didattico o di ricerca.

3.1 Caratteristiche essenziali

Il robot si presenta come un piccolo veicolo dotato di ruote, in grado di muoversi su un piano, procedendo avanti, indietro e ruotando su se stesso a destra e sinistra.

Il robot è dotato di sensori di prossimità (sonar) che gli consentono di determinare la distanza da ostacoli. È inoltre dotato di una telecamera, che riprende quanto presente nel lato anteriore del robot stesso. È controllabile da remoto tramite una interfaccia web, accessibile via rete wifi, tramite PC o tablet. Il robot può essere telecomandato oppure programmato tramite un linguaggio visuale a blocchi.

3.2 Facilità di utilizzo

Il primo aspetto di cui si è tenuto conto nella progettazione è stata la facilità di utilizzo sia da parte dell’insegnante che degli allievi. Per ridurre al minimo le attività di setup, il software di gestione del robot è realizzato come una applicazione web preinstallata all’interno del robot stesso. In questo modo non è

richiesta l'installazione di componenti aggiuntive o App sui PC o tablet usati per controllarlo.

Il robot rende disponibile una sua rete wifi "privata" alla quale è possibile connettere PC, tablet o anche smartphone. Una volta connessi, l'interfaccia di controllo e programmazione è accessibile tramite un comune browser internet.

L'interfaccia di programmazione è di tipo visuale, "a blocchi": tale interfaccia semplifica di molto la scrittura del codice del programma, poiché la correttezza sintattica è garantita dall'editor stesso (in altre parole, il sistema garantisce che il codice prodotto unendo i blocchi sia sempre sintatticamente corretto, ovvero possa essere eseguito dal robot, anche se potrà non produrre i risultati attesi). È inoltre configurabile in modo da mostrare solo i costrutti di programmazione effettivamente necessari alla particolare attività didattica.

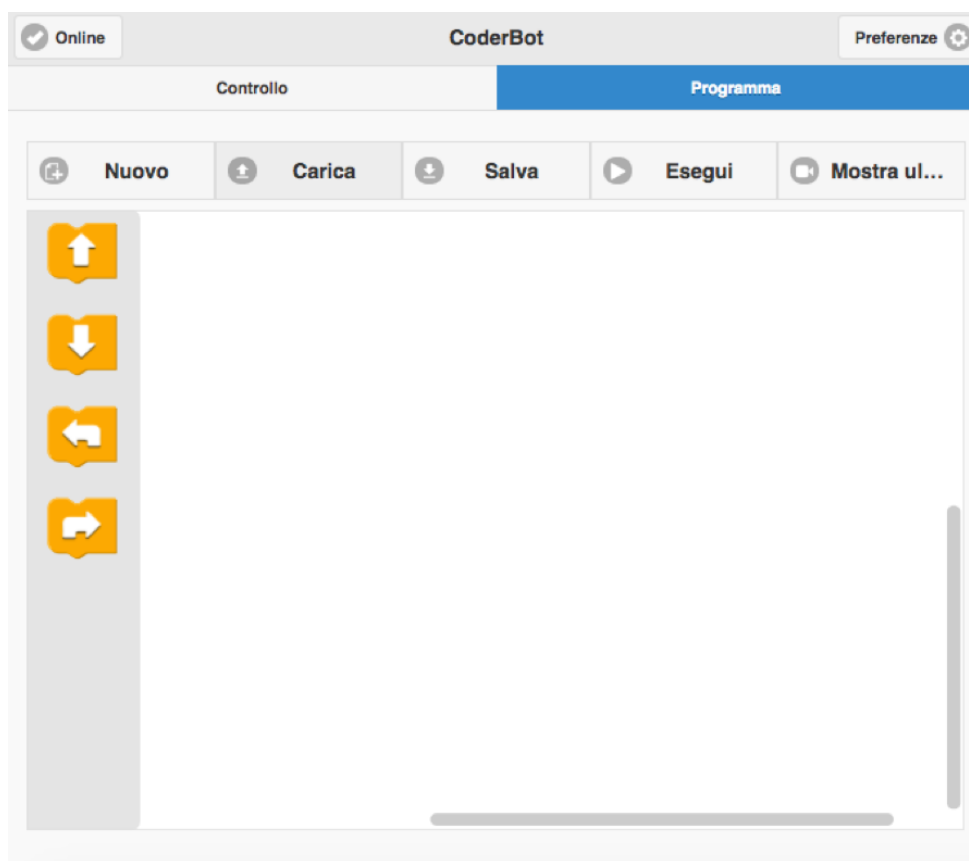


Figura 9
Interfaccia di programmazione "base" (fonte:)

L'editor del linguaggio a blocchi è infatti configurabile in modo da presentare (attualmente) quattro modalità di programmazione, dalla più semplice (con i soli blocchi corrispondenti al movimento), fino a quella che prevede tutti i costrutti di un linguaggio di programmazione procedurale tra cui cicli, condizioni, logica, matematica, definizione di funzioni.

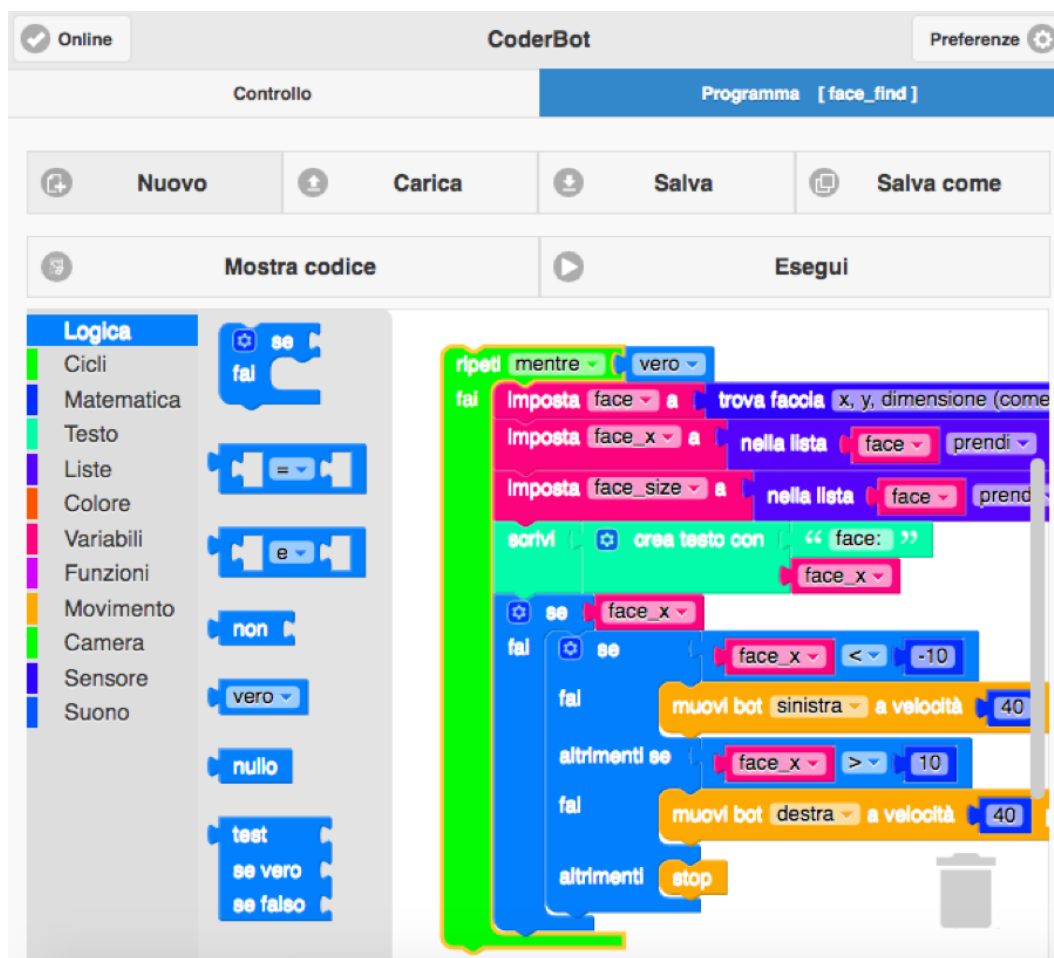


Figura 10
Interfaccia di programmazione “avanzata”

3.3. Telecamera: un punto di vista diverso

Il robot è inoltre dotato di una telecamera in grado di riprendere lo spazio antistante a se stesso e inviarle alla console di programmazione in tempo reale. La capacità di acquisire immagini e poterle utilizzare come elemento della didattica rappresenta una caratteristica unica nel panorama dei robot didattici commerciali.

L'utilizzo delle immagini apre due dimensioni importanti nella creazione di attività didattiche: la prima è l'uso delle immagini per osservare l'ambiente da un punto di vista “in prima persona”, sfruttabile in attività che stimolino la capacità di orientamento e la ricostruzione di mappe di un territorio partendo da una serie di viste incomplete; la seconda è l'uso delle immagini, elaborate direttamente dal robot tramite algoritmi di visione artificiale, come un potente e versatile sensore in grado di riconoscere ostacoli, colori, classificare oggetti.

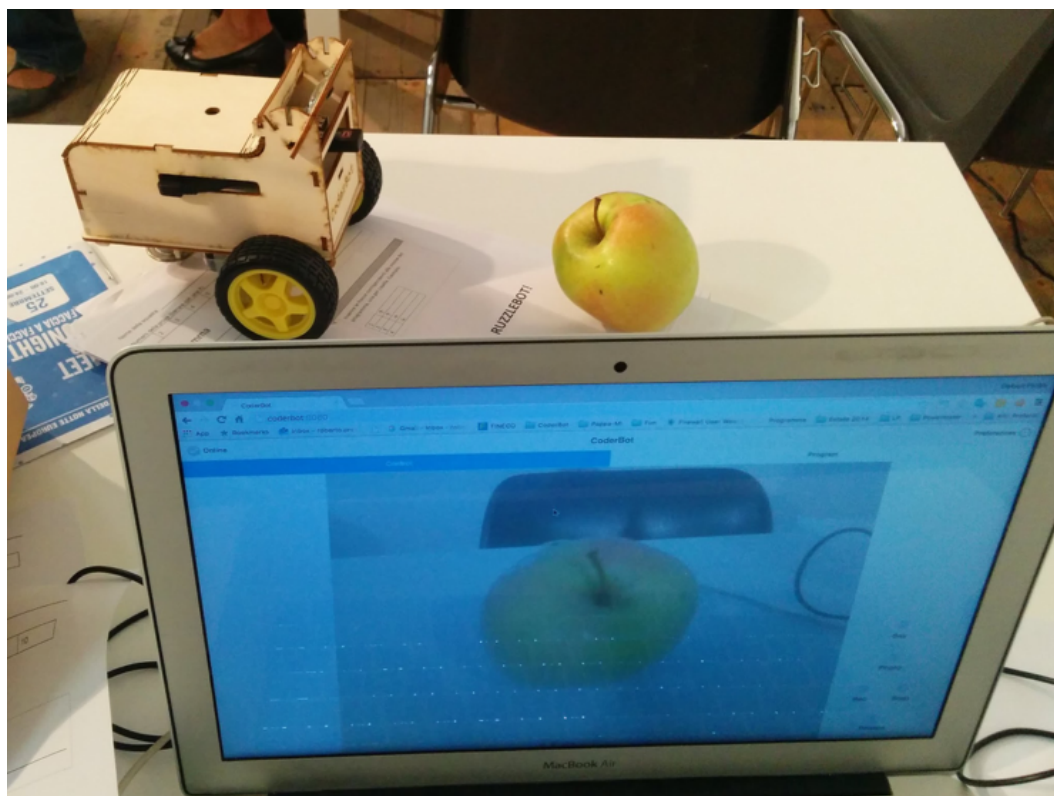


Figura 11
CoderBot - Immagine in soggettiva

Quest'ultimo campo è legato a concetti oggi noti al grande pubblico genericamente come "intelligenza artificiale". Il robot può dunque diventare uno strumento per spiegare che cosa si intende con questo tipo di algoritmi, sempre più diffusi in applicazioni commerciali.

4. Le componenti meccaniche, hardware e software

In questa sezione sono descritti i dettagli tecnici del robot, sia per quanto riguarda le componenti hardware che software. Fin dalla prima concezione del progetto, si è cercato di immaginare un oggetto facilmente riproducibile, in modo da facilitare la diffusione del progetto stesso. A tal fine, ci si è basati su alcune linee guida nelle scelte architetture e realizzative, elencate di seguito:

- utilizzare il più possibile componenti comunemente disponibili nel mercato "consumer", in modo da rendere semplice la costruzione di una copia del robot.
- utilizzare un telaio semplice, realizzabile anche in esemplare singolo grazie alle tecnologie di taglio laser oggi diffuse ed economiche.
- utilizzare componenti software open source, in modo da incentivare il libero scambio di idee e contributi.

4.1 Meccanica

Per accelerare i tempi dei primissimi prototipi si è utilizzato un primo telaio costruito con mattoncini Lego (Figura 12), per poi passare subito a un telaio in materiale plastico acrilico tagliato tramite laser, gradevole alla vista e al tatto ma eccessivamente fragile; i modelli effettivamente impiegati in classe con gli allievi sono stati invece realizzati in legno.

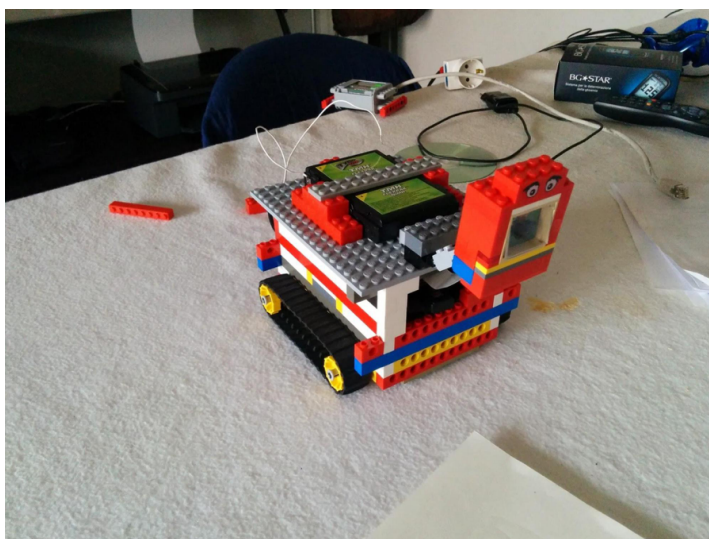


Figura 12
CoderBot - Telaio Lego

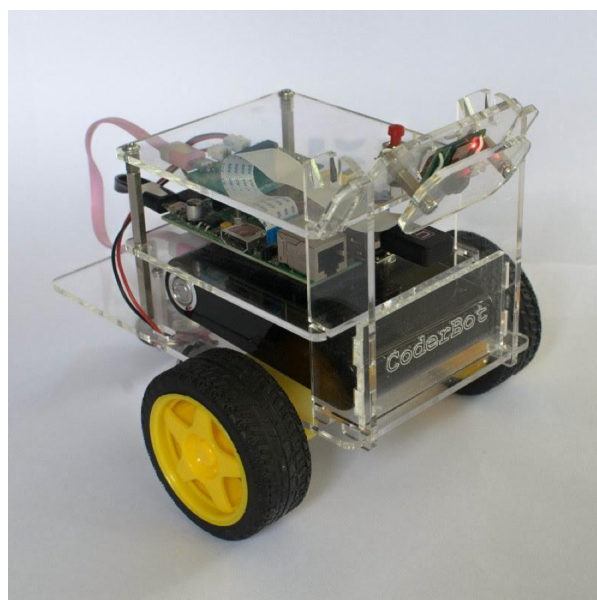


Figura 13
CoderBot - Telaio acrilico

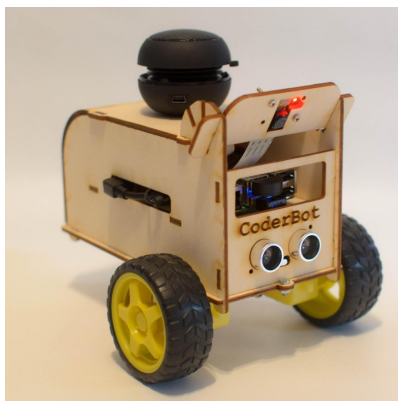


Figura 14
CoderBot - Telaio in legno

La caratteristica principale di questo tipo di materiale e di costruzione è la semplicità ed economicità. È inoltre molto semplice modificare il telaio stesso partendo dal disegno, reso disponibile online. Per contro un telaio in legno relativamente sottile risulta fragile e poco durevole nel tempo; il basso costo di produzione compensa tuttavia questo aspetto.

Al telaio sono fissati due piccoli motori alimentati a corrente continua (l'alimentazione è con tensione di 5V, ma i motori prevedono una tensione nominale fino ai 9V), con un riduttore con rapporto 1:120. Questo tipo di soluzione garantisce al robot una velocità e una precisione accettabile per la maggior parte degli utilizzi. Il terzo punto di contatto con il terreno è costituito da una sfera libera, fissata al telaio nella parte posteriore.

4.2 Hardware

La componente hardware principale del robot è costituita dal microcomputer Raspberry PI, che è in grado di soddisfare gran parte delle esigenze di un robot didattico. Raspberry PI è di fatto un computer vero e proprio, in grado di far girare un sistema operativo completo (linux); questo consente di poter usufruire di moduli software già pronti e di concentrare gli sforzi nella scrittura di quella parte di software specifica per il robot, ovvero l'interfaccia di programmazione.



Foto 15
Raspberry PI

(fonte: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>)

Pur se estremamente potente da un punto di vista di capacità di calcolo e memoria, il computer Raspberry PI manca però di una interfaccia fisica in grado di controllare direttamente le componenti hardware tipiche del robot, ovvero sensori e motori; per questo motivo si è reso necessario realizzare una scheda di controllo che soddisfacesse questo requisito. La scheda, di disegno estremamente semplificato, è stata realizzata in piccola serie pur con tecniche produttive industriali.



Foto 16
Scheda controllo motori e sensori

Per quanto riguarda l'alimentazione, si è scelto di utilizzare una componente di tipo "consumer", ovvero una batteria normalmente impiegata per la ricarica di smartphone o tablet.



Foto 17
Batteria al litio

Questo tipo di batterie integra in un unico oggetto anche l'elettronica per la ricarica e alimentazione di due dispositivi separati; questo aspetto è di particolare importanza in modo da poter separare l'alimentazione della parte elettronica (il computer Raspberry PI e telecamera) dalla parte meccanica (i motori) in modo da evitare interferenze dovute ai picchi di consumo tipici dei motori elettrici allo spunto.

4.3 Software

Il software di CoderBot è costituito da una applicazione web eseguita direttamente all'interno del componente Raspberry PI, che assolve a tutte le funzioni accessibili all'utente: interfaccia utente, controllo, programmazione del robot. L'applicazione è a sua volta composta da diverse librerie open source, opportunamente integrate tra loro, di seguito è rappresentato uno schema logico dell'architettura interna del software.

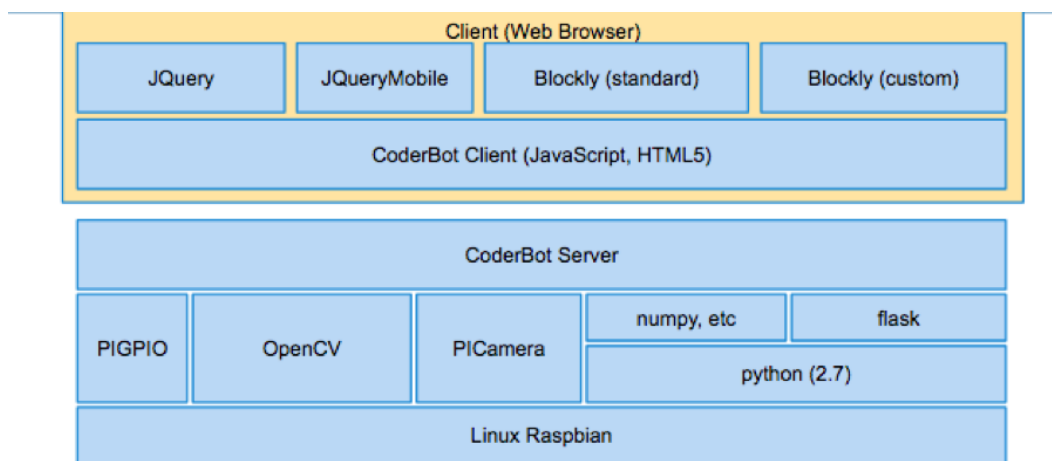


Figura 18
Architettura software

Le immagini e il video sono gestite tramite la libreria OpenCV, la quale mette a disposizione un set di funzioni che implementano lo stato dell'arte degli algoritmi di visione artificiale.

Le componenti specificatamente sviluppate per il robot sono invece il sistema di controllo della velocità dei motori e dei sensori a ultrasuoni (che sfruttano il principio del sonar, ovvero l'emissione di un impulso sonoro e il calcolo della distanza dell'oggetto in funzione del tempo di propagazione dell'eco dell'impulso stesso).

Altre caratteristiche peculiari di CoderBot sono la sintesi vocale, implementata attualmente tramite il software "espeak", e la possibilità di riconoscere la voce, attualmente solo semplici comandi pronunciati in lingua inglese, tramite la libreria CMUSphinx.

5. Conclusioni

Il progetto ha mostrato come sia possibile, con le tecnologie disponibili oggi nel mercato, ideare e costruire un robot didattico aperto, estendibile e adatto all'uso in classe.

Il robot si è dimostrato adatto all'impiego nella scuola primaria, come confermato dalle varie attività didattiche sviluppate e realizzate nel corso di questi anni in collaborazione con il Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione "R. Massa" dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca.



Foto 19

Un esempio di esperienza didattica: il gioco del "Ruzzle"

Le difficoltà tecniche e pratiche nella realizzazione sono ampiamente bilanciate dai vantaggi di disporre di uno strumento flessibile, che permette a chi progetta la didattica di sperimentare nuove esperienze e allo stesso tempo di mantenere sotto controllo la complessità dell'interfaccia dell'utilizzatore. I principali limiti del robot attuale sono legati al processo costruttivo ancora di tipo artigianale, che comporta una robustezza meccanica ancora inferiore ad altri prodotti commerciali, e soprattutto a limiti nella precisione dei movimenti. Questi problemi naturalmente possono essere facilmente risolti quando il robot dovesse entrare in una fase di sviluppo più avanzata, con obiettivi più ambiziosi in termini di numero di esemplari richiesti, potendo quindi contare su processi produttivi più avanzati e affidabili in termini di qualità e affidabilità.

Bibliografia

- [1] Bruno Munari, 1930, "Macchine Inutili"
- [2] Seymour Papert, 1967, "Seymour Papert on Logo"
- [3] Mitch Resnick, Eric Rosenbaum, 2013, "Design for Tinkerability"

Biografie

Roberto Previtera è Project Manager in ambito IT, con certificazione PMP ed è laureato in informatica presso l'Università di Milano. I principali interessi professionali sono la trasformazione digitale dei processi aziendali, le architetture e lo sviluppo software, l'intelligenza artificiale e la robotica. Nel tempo libero, oltre a sviluppare software per divertimento, è un appassionato "maker" e "tinkerer".

email: roberto.previtera@gmail.com

twitter: @previ