

# 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,

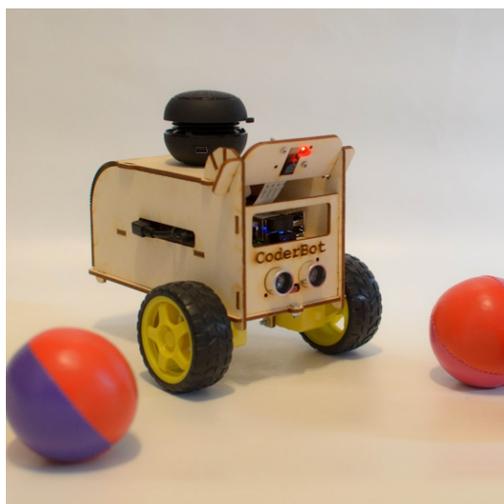
telaio) pone un certo limite proprio alla capacità predittiva dell'insegnante: il robot può generare comportamenti apparentemente incompatibili con il programma che "gira" su di esso semplicemente perché si è verificata una condizione fisica, ambientale o interna, di disturbo. In alcuni casi, tuttavia, questa apparente bizzarria 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

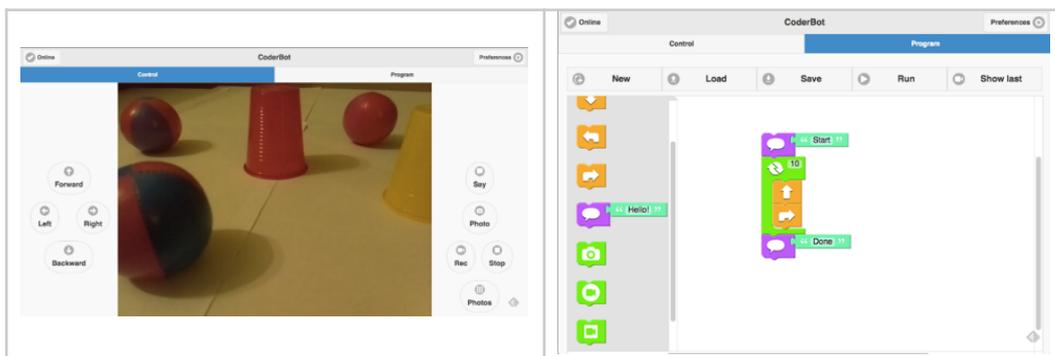
#### 3.1 Il robot e l'attività

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](http://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 genétique 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