

# Il “gioco dello scienziato”: un robot per imparare a spiegare

Edoardo Datteri, Luisa Zecca

*Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione “R. Massa”, Università degli Studi di Milano-Bicocca, Piazza dell’Ateneo Nuovo 1, 20124 Milano (MI)  
edoardo.datteri@unimib.it, luisa.zecca@unimib.it*

*Il contributo esplora alcune possibilità d’uso didattico dei robot per l’apprendimento di capacità trasversali legate al pensiero scientifico. Propone un’attività non basata sulla costruzione né sulla programmazione di un robot, bensì sulla spiegazione del comportamento di un robot già programmato, e presenta alcuni descrittori per l’analisi qualitativa delle esperienze finalizzate all’acquisizione degli obiettivi di apprendimento in esame.*

## 1. Introduzione

L’uso didattico dei robot, introdotto dai lavori seminali di Seymour Papert [Papert, 1984], è sempre più diffuso nelle scuole di ogni ordine e grado, in Italia e nel resto del mondo. Kit robotici come il celebre LEGO Mindstorms e i sistemi Arduino, Rasperry PI e Galileo vengono molto spesso utilizzati come strumenti didattici per l’apprendimento di capacità, conoscenze e competenze relative all’area tecnologica e più specificamente informatica e robotica. Ma non solo: numerose esperienze testimoniano la possibilità di utilizzare tali dispositivi per l’apprendimento di conoscenze e capacità *disciplinari* di carattere scientifico, matematico, linguistico e artistico (dunque non limitate all’area informatica e robotica), nonché di competenze *trasversali* connesse al ragionamento astratto, al pensiero scientifico, alla soluzione di problemi, al lavoro di gruppo. Per uno stato dell’arte si veda [Benitti, 2012; Mubin et al, 2013].

Obiettivi di apprendimento di quest’ultimo motivano un progetto di ricerca in corso da alcuni anni presso il Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione “R. Massa”, Università degli Studi di Milano-Bicocca. Il progetto, di cui qui discuteremo la struttura e alcuni risultati preliminari, mira all’elaborazione di linee guida metodologiche per la progettazione e la valutazione di esperienze di robotica educativa finalizzate al raggiungimento di obiettivi di apprendimento trasversali legati al pensiero scientifico nella Scuola Primaria. Si propone dunque di contribuire a colmare la relativa carenza di analisi metodologiche e di strumenti valutativi spesso denunciata nella letteratura scientifica sulla didattica attraverso i robot [Bredenfled et al, 2010].

Un elemento di particolare rilievo del progetto qui descritto riguarda la natura delle attività didattiche proposte agli studenti delle classi in cui è avvenuta la sperimentazione. Tipicamente le esperienze laboratoriali di robotica educativa consistono nella *costruzione* e nella *programmazione* collaborativa di robot che svolgano compiti di varia natura. Nelle sperimentazioni qui discusse abbiamo proposto agli studenti un'attività di tipo speculare, che consiste nell'*osservazione* e nella *spiegazione* dei comportamenti di un robot precedentemente costruito e programmato dai conduttori del laboratorio sotto forma di semplice veicolo di Braitenberg [Braitenberg, 1984]. L'esperienza proposta alle classi si è dunque configurata come una sorta di laboratorio di "robo-etologia sperimentale", in cui gli studenti formulano osservazioni, propongono ipotesi esplicative, svolgono esperimenti e ne elaborano i risultati, attivando molte capacità trasversali connesse al pensiero scientifico e, più in generale, al pensiero critico: il comportamento del robot è oggetto di un'analisi sotto certi aspetti simile a quella che gli etologi dedicano al comportamento degli animali. Tale esperienza è stata opportunamente chiamata da alcuni bambini il "gioco dello scienziato" [Datteri et al, 2013]. Attività relativamente simili a quelle qui proposte sono descritte in [Levy e Mioduser, 2007; Mioduser et al, 2007; Sullivan, 2008].

È opportuno ribadire che, se gli *obiettivi del gioco* proposto ai bambini consistono nella spiegazione del comportamento del robot, gli *obiettivi didattici* dell'esperienza consistono nell'attivazione di capacità connesse al pensiero scientifico (coerentemente con gli obiettivi previsti dalle Indicazioni Nazionali 2012 per l'insegnamento nella Scuola Primaria). Gli *obiettivi di ricerca* del presente progetto consistono invece nella rilevazione delle capacità attivate da esperienze di questo tipo e nell'identificazione di linee guida metodologiche per la loro conduzione e valutazione. A questo scopo le esperienze sono state documentate attraverso registrazioni audio e video, per una successiva analisi delle dinamiche di interazione verbale tra studenti, insegnanti e conduttori.

Nell'ambito del presente progetto di ricerca, il "gioco dello scienziato" è stato proposto in alcune Scuole Primarie del territorio milanese (per un totale di 7 classi del secondo e del terzo anno) a partire dall'anno 2011. Nella sezione successiva presenteremo, a titolo di esempio, l'esperienza svoltasi nell'anno 2014 in una 2<sup>a</sup> classe di una Scuola Primaria di Milano (24 studenti).

## **2. Imparare a spiegare: il "gioco dello scienziato"**

L'esperienza qui descritta si è articolata in 5 incontri della durata di circa un'ora e mezza ciascuno, svoltisi a cadenza settimanale durante i mesi di marzo-aprile 2014. È stata progettata con la collaborazione di un'insegnante di area scientifica e di un'insegnante di area linguistica, e condotta dal primo autore di questo contributo e da una studentessa del Corso di Laurea Triennale in Comunicazione Interculturale dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca (Gilda Bozzi).

Il “gioco dello scienziato” proposto ai bambini consisteva in un piccolo laboratorio di “robo-etologia”, finalizzato all’osservazione e alla spiegazione del comportamento di un robot precedentemente costruito e programmato dal conduttore. È stato utilizzato un robot LEGO Mindstorms NXT assemblato sotto forma di veicolo trainato da due ruote motrici e fornito di tre sensori: due sensori ultrasonici di distanza montati frontalmente e leggermente orientati verso l’esterno, e un sensore audio rivolto verso l’alto e ancorato al mattoncino di controllo del robot. Il robot è stato programmato (attraverso l’ambiente di programmazione BricxCC, <http://bricxcc.sourceforge.net/>) per avanzare evitando gli ostacoli e reagire a forti rumori con una rotazione sul proprio asse.

L’esperienza, condotta nell’aula dell’Istituto generalmente dedicata ad attività multimediali, si è svolta secondo la seguente struttura.

Durante il primo incontro i conduttori hanno estratto il robot dal contenitore e lo hanno passato ai bambini, seduti in cerchio, chiedendo loro di descriverne la forma. Il robot è stato poi messo in azione al centro del cerchio (guidato dal programma appena descritto). I bambini sono stati lasciati totalmente liberi di interagire con esso, di esprimere pareri e formulare domande, alle quali i conduttori non hanno fornito risposte, rilanciando le domande poste dai bambini all’intero gruppo per avviare discussioni che promuovessero il pensiero critico e l’autovalutazione delle proprie o altrui idee, coerentemente con la cornice metodologica Inquiry-based Science Education [Rocard et al, 2007].

Nella settimana intercorsa tra il primo e il secondo incontro l’insegnante di area scientifica ha chiesto ai bambini cosa volessero scoprire sul robot. Essi hanno formulato le seguenti domande, poi trasmesse al conduttore: “Si muove da solo? Ci sente? Ci vede? Parla o canta? Ci può riconoscere? Sente i profumi? Riconosce i cambiamenti su di noi, ad esempio se cresciamo? Come si chiama? Quanti anni ha? Ha il cuore o una lampadina al suo posto? Riesce a comprenderci? Ha il cervello? Vuole fare amicizia? È un nostro amico? Riesce a ripetere parole o azioni? Può giocare con noi? Possiamo comandarlo?”.

All’inizio del secondo giorno il conduttore ha proposto ai bambini di iniziare affrontando la prima domanda, che presto è stata riformulata da loro stessi nella seguente forma: “il robot va a caso oppure no?”. Durante la discussione il conduttore *ha sistematicamente evitato di fornire risposte alle loro domande*. I suoi interventi sono prevalentemente consistiti in 1) *ripetizioni* delle loro affermazioni o domande, e in 2) domande rivolte ai bambini, tra cui richieste di chiarimento (“Cosa intendi per ‘andare a caso?’”), richieste di strategie per giustificare le proprie opinioni (“Come potremmo capire se hai ragione oppure no?”), richieste di previsioni (“Secondo te cosa potrebbe succedere se mettiamo il robot in questa posizione?”), richieste di spiegazioni (“Secondo te perché il robot ha fatto una giravolta?”), richieste di valutare somiglianze o differenze tra opinioni di due o più bambini (“Sei d’accordo con lui? Che differenza c’è tra quello che hai detto tu e quello che ha detto lui?”) [Nigris, 2009].

La discussione su questo tema si è protratta fino alla fine del quinto incontro. Per facilitarla il conduttore ha proposto la suddivisione della classe in due gruppi e la costruzione (per ogni gruppo) di un recinto in cui collocare il robot. È stato introdotto un secondo robot programmato in modo identico al primo per rendere il secondo gruppo autonomo nella propria ricerca. Al termine del quarto incontro nessuno dei due gruppi ha raggiunto un accordo in merito alla questione se il robot vada a caso oppure no. I bambini hanno però attivato molte capacità connesse al pensiero critico e scientifico, come discuteremo brevemente nella sezione successiva.

### 3. Discussione: previsioni ed esperimenti

Come abbiamo sottolineato l'esperienza appena descritta si proponeva di stimolare l'acquisizione e lo sviluppo di varie capacità trasversali connesse al pensiero scientifico. La valutazione di tale esperienza è quindi stata condotta identificando, a partire dall'analisi delle interazioni verbali tra i bambini e il conduttore, le capacità osservabili durante il "gioco dello scienziato". Ogni capacità identificata è stata etichettata attraverso un descrittore; l'insieme dei descrittori qui proposto, che è tuttora oggetto di revisione e di ulteriore articolazione, può costituire un utile strumento all'analisi quali-quantitativa di esperienze finalizzate all'acquisizione delle competenze trasversali oggetto del presente studio.

Tra le varie capacità attivate durante il "gioco dello scienziato" metteremo qui a fuoco quelle legate alla formulazione e alla valutazione di *esperimenti*. Gli esperimenti svolgono un ruolo centrale nella ricerca scientifica. Per valutare se una certa teoria  $T$  sia vera o falsa si traggono alcune *previsioni*, o *implicazioni*, da essa: "se  $T$  fosse vera, il fenomeno  $F$  si dovrebbe presentare in particolari condizioni sperimentali  $C$ " – schematicamente,  $T \rightarrow (C \rightarrow F)$ . Condurre un esperimento significa rendere vere le condizioni sperimentali  $C$  e valutare, anche attraverso strumenti di misura, se il fenomeno  $F$  si presenta o meno. Naturalmente il verificarsi di  $F$  non garantisce la verità di  $T$ , perché altre teorie  $T'$  diverse da  $T$  potrebbero implicare ugualmente  $F$  dato  $C$ : il fenomeno osservato potrebbe avere spiegazioni alternative. Sottili logiche argomentative, studiate dai teorici della conferma empirica, sono coinvolte nel valutare l'effettivo impatto del verificarsi di  $F$  in  $C$  rispetto alla teoria  $T$ . In genere si cerca di vincolare opportunamente le caratteristiche della previsione e dell'esperimento in modo tale da ridurre il numero delle possibili spiegazioni alternative. Questa delicata e cruciale fase di progettazione dell'esperimento coinvolge (in una descrizione a grana molto grossa) almeno i seguenti passi.

- Identificare una previsione della forma  $C \rightarrow F$  che sia implicata *solo* dalla teoria  $T$  e non dalle possibili teorie alternative (è quella che viene spesso chiamata, nella ricerca scientifica, una *previsione cruciale*).
- Vincolare l'ambiente sperimentale in modo che le condizioni ambientali siano quanto più vicine a  $C$  e che non sussistano fattori di disturbo.

Se questi due aspetti non vengono tenuti in debita considerazione non sarà poi semplice decidere che atteggiamento prendere nei confronti della teoria T sulla base dei risultati sperimentali: *“provando” e basta, senza riflettere sull’adeguatezza dei propri tentativi*, si finirà per perdere consapevolezza delle varie possibili spiegazioni alternative e dei possibili fattori di disturbo. Di qui al rischio di interpretare i risultati sperimentali in funzione delle proprie convinzioni di sfondo, senza valutare spiegazioni alternative, il passo è breve.

La riflessione sull’adeguatezza degli esperimenti ha occupato una parte consistente degli incontri laboratoriali qui descritti. Nei dialoghi che seguono i bambini riflettono su come capire se il robot vada a caso oppure no (su come scegliere, dunque, tra due *teorie* sul comportamento del robot). Stimolati da una domanda del conduttore (“Come potremmo capire se il robot va a caso oppure no?”) i bambini propongono di costruire un’arena rettangolare, delimitata da scatole di cartone, con un’uscita su un lato. Secondo alcuni di loro, se il robot va a caso (T), in tali condizioni sperimentali (C) il robot non riuscirà a uscire dall’arena (F); se invece il robot non va a caso (non-T), nelle stesse condizioni riuscirà a uscire (non-F). Questa *formulazione di previsioni basate sulla teoria* avviene inizialmente sotto esplicita richiesta del conduttore.

- *Conduttore*: Ecco, e se va a caso secondo te cosa dovrebbe fare?
- *Giorgio*: Non uscire... se non va a caso può uscire.
- *Conduttore*: Se esce non va a caso... Siete d'accordo?
- *Elena*: No, perché se è la prima volta che esce non va a caso. Invece se sbatte per la prima volta e la seconda volta esce va a caso.
- *Conduttore*: Aspetta Elena, spiegala un po' meglio perché non l'ho capita.
- *Elena*: No che il robot è lì ... e va dritto ed esce ... e questo vuol dire che non va a caso per la prima volta. Invece se il robot è lì e fa così contro le scatole e poi esce vuol dire che non va a caso.
- *Sabrina*: Che va a caso!

In questo estratto Elena *identifica due possibili risultati sperimentali* (il robot va dritto ed esce; il robot sbatte e poi esce) e *ne trae le implicazioni rispetto alla teoria* (se si verifica il primo risultato si deve concludere che il robot non va a caso; il secondo risultato indicherebbe che il robot va a caso; si noti la correzione di Sabrina, che evidentemente ha seguito con attenzione il ragionamento di Elena identificando un errore logico).

La riflessione di Elena illustra un altro passo canonico del metodo scientifico sperimentale. Elena infatti rivede l’opinione di Giorgio, secondo cui il mero fatto di uscire dal recinto “segnala” la verità o la falsità di una delle teorie in gioco. Secondo Elena non è sufficiente valutare se il robot esce o meno: bisogna controllare se il robot, prima di uscire, sbatte o meno contro gli ostacoli – evidentemente *perché potrebbe anche uscire casualmente*. Il “marchio” della casualità è secondo Elena lo sbattere contro gli ostacoli, non la capacità di uscire. Elena dunque *riflette sui risultati rilevanti per valutare l’ipotesi in gioco*. Una riflessione evidentemente condotta anche da Giorgio ma particolarmente

evidente in Elena che, rivedendo le posizioni di Giorgio al proposito, segnala un'attenzione specifica su questo fattore.

Un altro passo fondamentale del metodo scientifico, strettamente correlato a quelli appena discussi, consiste nella *valutazione dell'adeguatezza dell'esperimento*. Per effettuare questa valutazione si identificano possibili risultati sperimentali e si riflette sulle loro implicazioni teoriche. Se quei risultati non depongono chiaramente a favore o a sfavore della teoria (perché magari ammettono spiegazioni alternative), si conclude che l'esperimento proposto non è adeguato per valutare la teoria. Spesso questa fase è seguita da una *proposta di modifica dell'esperimento*. Vediamo questi passi all'opera negli estratti che seguono. Si ricordi che, per capire se il robot va a caso o no, i bambini propongono di costruire un'arena dotata di una porta.

- *Conduttore*: Marta secondo te come va fatta la porta? grande o piccola?
- *Marta*: Piccola...
- *Conduttore*: Così va bene secondo te?
- *Marta*: No...
- *Conduttore*: Più piccola?
- *Marta*: Bisogna aggiungerne uno... [ovvero una scatola, per rimpicciolire la porta]
- *Roberto*: Perché così se tu lo metti qua lui gira ed esce subito.

Marta, stimolata dal conduttore, afferma che la porta deve essere fatta più piccola rispetto alla scelta iniziale. Ha quindi *riflettuto sulle implicazioni teoriche di un possibile risultato sperimentale* (il robot esce dalla porta); tale risultato non deporrebbe in modo chiaro a favore della teoria secondo cui il robot non va a caso (secondo Marta il robot potrebbe uscire *anche per altri motivi*, per esempio *per caso*, se la porta è troppo ampia). L'esperimento non è dunque adeguato e Marta propone di rendere la porta ancora più piccola, per escludere quanto più possibile spiegazioni alternative.

L'estratto che segue illustra un caso particolare di valutazione dell'accuratezza di un esperimento che si è più volte verificato nell'esperienza qui descritta.

- *Conduttore*: Una prova per capire che va a caso.
- *Fabrizio*: Mettergli gli ostacoli... un po' di ostacoli in mezzo all'arena e vediamo se va a sbattere... se va a sbattere va a caso.
- *Margherita*: Beh, però anche se va a sbattere ha la mappa. Perché lui ha la mappa in mente e non riesce a vedere gli ostacoli.

Margherita afferma che l'esperimento proposto da Fabrizio è inadeguato, perché uno dei possibili risultati sperimentali – il robot va a sbattere contro gli ostacoli – potrebbe essere spiegato attraverso due ipotesi alternative molto diverse tra di loro: 1) il robot va a caso, oppure 2) il robot segue “ciecamente” le direzioni indicate da una mappa interna dell'ambiente. Anche in questo caso, come nei precedenti, si rifiuta un esperimento alla luce del fatto che alcuni possibili risultati potrebbero essere spiegati in più modi. Qua abbiamo però *l'identificazione esplicita di una possibile spiegazione alternativa* da parte di

Margherita, che osserva come quella particolare implicazione della teoria “il robot va a caso” sia anche implicata dalla teoria “il robot segue ciecamente una mappa”. L'identificazione delle varie teorie che potrebbero spiegare lo stesso insieme di risultati sperimentali è in molti casi cruciale per la buona riuscita di un esperimento, perché può suggerire come rivedere l'esperimento in maniera tale da escludere la possibilità di spiegazioni alternative alla teoria che si desidera valutare.

## 4. Conclusioni

Riassumiamo nel seguente elenco di descrittori le capacità legate al pensiero scientifico attivate dal “gioco dello scienziato” che abbiamo appena discusso:

- formulare previsioni basate su una teoria
- identificare possibili risultati di un esperimento
- identificare le implicazioni di un risultato sperimentale rispetto a una certa teoria
- identificare un insieme di evidenze empiriche rilevanti per valutare una certa teoria
- identificare possibili spiegazioni alternative dei risultati di un esperimento
- valutare l'adeguatezza di un esperimento
- proporre una modifica a un esperimento

Il progetto qui introdotto ha tra i suoi obiettivi quello di articolare ed estendere ulteriormente questo insieme di categorie, nonché di identificare le relazioni che sussistono tra di esse. La formulazione di una tassonomia esaustiva e dettagliata può contribuire significativamente alla valutazione qualitativa di esperienze finalizzate agli obiettivi di apprendimento qui in esame (siano esse basate su robot didattici o meno): può essere infatti utilizzata come strumento per analizzare le interazioni verbali tra studenti e insegnanti, in modi analoghi a quelli qui preliminarmente descritti, e districare le complesse dinamiche esplicative e sperimentali che possono prodursi anche nei primi anni di Scuola Primaria.

Questo studio nasce da un interesse nei confronti dell'uso didattico dei robot. Naturalmente lo sviluppo del pensiero scientifico può essere stimolato anche attraverso esperienze analoghe che non coinvolgano robot (quanto piuttosto la spiegazione del comportamento di piante, animali, meccanismi non elettrici, e così via). I robot oggi disponibili per uso didattico, tuttavia, sono caratterizzati da un'elevata manipolabilità e possono essere utilizzati senza pericoli dai bambini stessi. Essendo oggetti meccanici e programmati è spesso possibile ripetere esperimenti già condotti in modo rapido, disponendo il robot in condizioni sperimentali identiche a quelle già provate (non è invece possibile, per esempio, riportare più volte una pianta alle condizioni di seme). L'insegnante/conduttore conosce (e può prevedere) in modo relativamente

dettagliato il funzionamento dell'oggetto, e dispone quindi di strumenti utili a mediare e orientare la discussione esplicativa dei bambini. Ma non per questo è sempre in grado di fornire spiegazioni e previsioni infallibili: il comportamento dei robot dipende in modo cruciale dagli stimoli ambientali, che naturalmente sfuggono in larga parte alla previsione e al controllo umano. Per questi motivi i robot didattici costituiscono strumenti particolarmente stimolanti per imparare a spiegare e, più in generale, per imparare a pensare anche nella Scuola Primaria.

## Bibliografia

Benitti, F. B. V., Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review, *Computers and Education*, 58, 3, 2012, 978–988.

Braitenberg, V., *I veicoli pensanti*. Saggio di psicologia sintetica, Garzanti, Milano, 1984.

Bredenfeld, A., Hofmann, A., Steinbauer, G., Robotics in Education Initiatives in Europe: Status, Shortcomings and Open Questions, in *Proceedings of SIMPAR 2010 Workshops, International Conference on Simulation, Modeling and Programming for Autonomous Robots*, 2010, 568–574.

Datteri, E., Zecca, L., Laudisa, F., Castiglioni, M., Learning to explain: the role of educational robots in science education, *Themes in Science & Technology Education*, 6, 1, 2013, 29–38.

Hanson, N. R., *Patterns of Discovery*, Cambridge University Press, Cambridge, 1958.

Levy, S. T., Mioduser, D., Does it “want” or “was it programmed to...”? Kindergarten children’s explanations of an autonomous robot’s adaptive functioning, *International Journal of Technology and Design Education*, 18, 4, 2007, 337–359.

Mioduser, D., Levy, S. T., Talis, V., Episodes to scripts to rules: concrete-abstractions in kindergarten children’s explanations of a robot’s behavior, *International Journal of Technology and Design Education*, 19, 1, 2007, 15–36.

Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., Mahmud, A. Al, Dong, J.-J., A Review of the Applicability of Robots in Education, *Technology for Education and Learning*, 2013, 1–7.

Nigris, E., *Le domande che aiutano a capire*, Bruno Mondadori, Milano, 2009.

Papert, S., *Mindstorms*. Bambini computers e creatività, Emme Edizioni, Milano, 1984.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Walberg-Henriksson, H., Hemmo, V., A Renewed Pedagogy for the Future of Europe. EUR22845, 2007.

Sullivan, F. R., Robotics and Science Literacy: Thinking Skills, Science Process Skills and Systems Understanding, *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 3, 2008, 373–394.