

IL "GIOCO DELLO SCIENZIATO" PER L'APPRENDIMENTO DEL METODO SCIENTIFICO NELLA SCUOLA PRIMARIA

"THE SCIENTIST GAME" FOR LEARNING
THE SCIENTIFIC METHOD AT PRIMARY SCHOOL

Edoardo Datteri, Gilda Bozzi, Luisa Zecca | Dipartimento di Scienze Umane per la
Formazione "R. Massa", Università degli Studi di Milano-Bicocca | Milano (IT)

✉ **Edoardo Datteri** | Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione "R. Massa",
Università degli Studi di Milano-Bicocca | Piazza dell'Ateneo Nuovo 1, 20126 Milano, Italia |
edoardo.datteri@unimib.it

INTRODUZIONE

L'organizzazione di esperienze laboratoriali che coinvolgono robot a uso didattico per l'apprendimento di competenze *disciplinari* (non necessariamente limitate all'area tecnologica) e *trasversali* (connesse al ragionamento astratto, al pensiero scientifico, alla soluzione di problemi, al lavoro di gruppo) è sempre più diffusa nelle scuole di ogni ordine e grado, in Italia e nel resto del mondo (per uno stato dell'arte si vedano Benitti, 2012; Mubin et al., 2013). Tipicamente si propone agli studenti di costruire e programmare un robot perché sia in grado di svolgere compiti di vario tipo. In questo articolo descriveremo un'esperienza speculare: agli studenti - classe 2° di Scuola Primaria - è stato proposto di scoprire il funzionamento di un robot *precedentemente costruito e programmato dal conduttore dell'esperienza*. I bambini hanno osservato il comportamento del robot, formulato ipotesi esplicative, progettato autonomamente esperimenti, e attivato varie *capacità trasversali legate al ragionamento scientifico*, la cui acquisizione faceva parte degli obiettivi di apprendimento del laboratorio (in coerenza con le Indicazioni Nazionali 2012 per il curriculum della Scuola Primaria, che includono l'esplorazione dei fenomeni "con un approccio scientifico" tra i traguardi per lo sviluppo delle

Un'esperienza di robotica educativa capovolta rispetto all'approccio più frequente: i bambini non programmano un robot, ma devono scoprire come è stato programmato, formulando ipotesi, ideando esperimenti e valutandone l'efficacia.

This learning experience differs from conventional approaches to educational robotics in that, instead of programming a robot, children have to discover how the robot has been programmed, which they do by making hypotheses, designing experiments and evaluating their effectiveness.

competenze al termine della classe quinta). L'attività proposta si fonda sul modello socio-culturale dello sviluppo cognitivo (Rogoff, 1990) ed è consistente con la cornice metodologica "Inquiry-Based Science Education" per l'insegnamento delle discipline scientifiche (Rocard et al., 2007): in particolare essa adotta il tipo di investigazione scientifica detta "coupled inquiry" (Martin-Hansen, 2002), che combina metodologie "guidate" con metodologie "aperte" (Sadeh & Zion, 2009). Il ruolo dei conduttori - i primi due autori del presente articolo, con la collaborazione dell'insegnante - è stato quello di costruire un problema complesso e di guidare i bambini con domande adeguate all'area potenziale di sviluppo. Attività relativamente simili a quelle qui proposte sono descritte in (Sullivan, 2008) e (Levy & Mioduser, 2008; Mioduser et al., 2007).

L'esperienza è stata documentata attraverso registrazioni audio-video, raccolta di disegni e interviste con i bambini. Questa documentazione ha fornito materiale per identificare *descrittori* che corrispondono ad alcune *capacità trasversali di ricerca scientifica* attivate durante il laboratorio (Gopnik, 2012; Kuhn & Persall, 2000; Siegal, 1997). Tali descrittori, di cui discuteremo qualche esempio preliminare, costituiscono strumenti importanti per condurre valutazioni quali-quantitative di esperienze di didattica attraverso i robot per lo sviluppo di capacità connesse al pensiero scientifico (sottolineiamo come la mancanza di strumenti di valutazione didattica delle esperienze di robotica educativa sia spesso denunciata nella letteratura di ricerca, Bredendfeld et al., 2010).

IL "GIOCO DELLO SCIENZIATO"

Obiettivi di apprendimento

L'esperienza è stata condotta in una 2° classe di una Scuola Primaria di Milano formata da 24 studenti. Gli obiettivi consistevano nell'acquisizione di capacità trasversali connesse al pensiero scientifico (tra cui saper osservare, saper identificare ipotesi esplicative, saper valutare ipotesi sulla base di esperimenti) e al ragionamento astratto (tra cui saper rilevare contraddizioni tra affermazioni proprie e altrui, saper ricavare le conseguenze di certe affermazioni, saper giustificare le opinioni proprie e altrui nel quadro di un'elaborazione razionale degli errori).

Il robot

Sono stati utilizzati due robot LEGO Mindstorms NXT assemblati sotto forma di veicolo, ognuno dei quali era fornito di due sensori di distanza montati frontalmente (ma orientati leggermente verso l'esterno del robot) e di un sensore audio. I robot sono stati programmati dal primo autore di questo articolo attraverso l'ambiente di programmazione BricxCC, implementando le seguenti regole:

- se il sensore sinistro (o destro) percepisce un ostacolo a una distanza inferiore a una soglia d , il robot sterza verso destra (o sinistra);

altrimenti:

- se il sensore audio percepisce un suono superiore a una soglia s , il robot compie una rotazione di 360° su se stesso e incrementa un contatore c inizialmente impostato sul valore 0; se il contatore c è pari a 5, il robot si ferma per 10 secondi e re-imposta il contatore c a 0;

altrimenti:

- il robot procede dritto con velocità v .

I valori dei parametri d , s e v sono stati scelti dal programmatore attraverso procedure di prova ed errore. I sistemi così ottenuti possono essere considerati varianti del veicolo di Braitenberg 2A (Braitenberg, 1984). I due robot erano identici nella struttura fisica e nel programma di controllo.

Le attività

L'esperienza è stata progettata e condotta in collaborazione con le insegnanti dell'area linguistica e scientifica e si è sviluppata in 5 incontri con i bambini di circa un'ora e mezza ciascuno, svoltisi a cadenza settimanale durante i mesi di marzo-aprile 2014 nell'aula dell'Istituto generalmente dedicata ad attività multimediali. Durante il primo incontro è stata condotta una discussione introdotta dalle domande «sapete cos'è un robot?» e «ne avete mai visto uno?». I conduttori hanno poi estratto uno dei due robot dal contenitore e lo hanno passato ai bambini chiedendo loro di descriverne la forma. Infine il robot è stato messo in azione (guidato dal programma descritto sopra), e i bambini sono stati lasciati totalmente liberi di interagire con esso, di esprimere pareri e di formulare

domande. Nella settimana intercorsa tra il primo e il secondo incontro è stato chiesto ai bambini - attraverso l'insegnante dell'area scientifica - cosa essi volessero scoprire a proposito del robot.

All'inizio del secondo giorno i conduttori hanno proposto ai bambini di affrontare una delle domande da loro formulate: «il robot va a caso oppure no?». Hanno poi estratto il secondo robot, suddiviso la classe in due gruppi (numero corrispondente ai robot disponibili), e proposto la costruzione - per ogni gruppo - di un recinto, fatto di scatole di cartone, entro il quale osservare il comportamento del robot (Figura 1). Da tale momento in poi ogni gruppo ha proseguito autonomamente i lavori studiando il comportamento dei robot (uno per gruppo) e proponendo esperimenti di vario tipo (che prevedevano di collocare ostacoli nell'arena e di aprire porte; si veda più avanti la sezione "Discussione"). Soltanto al termine dell'ultimo incontro i due gruppi hanno confrontato, in una discussione collettiva, i risultati raggiunti e gli esperimenti svolti.

Durante la discussione, protrattasi fino alla fine del quarto incontro, i conduttori hanno sistematicamente evitato di fornire risposte alle domande dei bambini. I loro interventi sono prevalentemente consistiti in 1) ripetizione 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 fare per 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?»).

Al termine del quarto incontro in nessuno dei due gruppi è stato raggiunto un accordo in merito alla questione se il robot vada a caso oppure no (risultato dovuto verosimilmente allo scarso tempo e alla disponibilità di due soli robot, che come evidenziato sopra ha limitato il numero dei gruppi di discussione). I bambini hanno però attivato molte capacità connesse al pensiero critico e scientifico, come discuteremo brevemente nella sezione successiva.

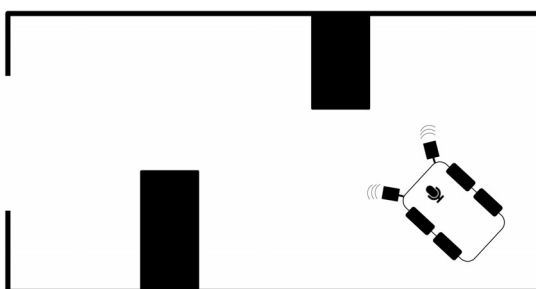


Figura 1. L'arena sperimentale.

DISCUSSIONE

Saper osservare e spiegare

Tra le molte osservazioni formulate dai bambini, alcune sono sorte in risposta a espliciti inviti dei conduttori. Ecco due esempi.

1. Conduttore: «Allora - ma quindi ricapitolando - che movimenti fa il robot?»
Sonia: «Va un po' dritto e poi gira».
2. Filippo: «Gira sempre non riesce ad andare dritto perché ci sono i così davanti che gli fanno capire quando dopo va a sbattere o no».

Anche nei bambini, come nella scienza adulta, l'osservazione è "carica di teoria" (Hanson, 1958): le loro interazioni verbali rivelano un legame molto stretto tra la capacità di osservare e quella di identificare teorie esplicative (Karmiloff-Smith, 1988). In primo luogo, ogni osservazione presuppone la scelta di un particolare linguaggio che a sua volta rivela l'adozione di particolari teorie implicite di sfondo sull'oggetto di studio:

3. Stefania: «Stava cercando la porta perché pensava fosse di qua».

Questa osservazione (al contrario della 1) impiega concetti mentalistici ("stava cercando", "pensava"), che segnalano una certa interpretazione teorica in base alla quale il robot possiede stati mentali che ne causano il comportamento. In secondo luogo, si sceglie di osservare qualcosa perché quel qualcosa è rilevante per la corroborazione o il rifiuto di una certa teoria che in quel momento è in ballo oppure che l'osservatore presuppone in modo implicito e inconsapevole.

4. Conduttore: «Ma quindi - allora - secondo voi come mai gira a volte?»
Roberto: «Per me perché... proprio perché deve andare da qualche parte gira a caso».
Sonia: «Prima è andato dritto poi ha girato poi è andato nella stessa direzione che andava prima di girare».

Affermando che il robot è andato "nella stessa direzione che andava prima di girare"¹ Sonia identifica una certa regolarità nel suo comportamento, come se quella direzione fosse in qualche senso preferenziale. Questa non è certo un'osservazione "neutra", ma segnala già una possibile teoria sul funzionamento del robot (peraltro compatibile con l'ipotesi di Roberto secondo cui il robot "deve andare da qualche parte"). La capacità di osservare è in questi esempi intimamente

connessa alla capacità di identificare teorie esplicative sui fenomeni in oggetto.

Saper formulare ed eseguire esperimenti

Nei dialoghi che seguono i bambini riflettono su come capire se il robot vada a caso oppure no. Alcuni propongono di aprire una porta nel recinto di scatole di cartone ipotizzando

che, se il robot va a caso, esso non riuscirà a uscire dalla porta, mentre in caso contrario potrà uscire (il "marchio" della casualità evidentemente è per loro l'assenza di una chiara direzionalità verso uno scopo). Questa è una formulazione di previsioni basate sulla teoria, che avviene inizialmente sotto esplicita richiesta del conduttore.

5. Conduttore: «Ecco, e se va a caso secondo te cosa dovrebbe fare?»
Michele: «Non uscire... se non va a caso può uscire».
6. Conduttore: «Se esce non va a caso... Siete d'accordo?» (molti bambini esclamano «No!»)
Laura: «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»²
Conduttore: «Aspetta Laura spiegala un po' meglio perché non l'ho capita».
Laura: «No che il robot è lì e va dritto e 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...».
Sonia: «Che va a caso!»

In questo estratto, Laura 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).

Nell'estratto 6 Laura inoltre rivede l'opinione di Michele (5), secondo cui il mero fatto di uscire dal recinto "segnala" la verità o la falsità di una delle teorie in gioco. Secondo Laura ciò non è sufficiente: bisogna controllare se il robot, prima di uscire, sbatte o meno contro gli ostacoli - evidentemente perché potrebbe anche uscire casualmente. Il "marchio" della casualità secondo Laura è lo sbattere contro gli ostacoli, non la capacità di uscire. Laura dunque riflette su quali "evidenze" empiriche sono rilevanti per valutare l'ipotesi in gioco.

Un altro passo fondamentale del metodo scientifico, strettamente correlato a quelli appena discussi, consiste nella valutazione dell'adeguatezza dell'esperimento. Si ricordi che, per capire se il robot va a caso o no, alcuni bambini propongono di costruire un'arena dotata di una porta. Nonostante alcuni bambini non siano convinti dell'adeguatezza di tale esperimento (si veda l'estratto 6), si decide comunque di procedere.

7. Conduttore: «Stefania secondo te come va fatta la porta? grande o piccola?»
Stefania: «Piccola...».
Conduttore: «Così va bene secondo te?»
Stefania: «No...».
Conduttore: «Più piccola?»
Stefania: «Bisogna aggiungerne uno...».
Massimo: «Perché così se tu lo metti qua lui gira ed esce subito».

Stefania, spinta dall'invito del conduttore, plausibil-

1 Come descritto sopra, il robot esegue un giro completo su se stesso in corrispondenza di rumori forti e sterzate di angolo minore quando i sensori rilevano ostacoli. Il verbo "girare" è utilizzato spesso dai bambini per indicare entrambe le circostanze. In questo caso Roberto si riferisce alle sterzate in reazione agli ostacoli mentre Sonia si riferisce alla "giravolta" prodotta in seguito a un forte rumore.

2 Il robot è programmato per deviare quando i sensori a ultrasuoni rilevano ostacoli. I sensori però sono poco precisi: a volte rilevano ostacoli inesistenti, mentre a volte non rilevano ostacoli esistenti. Per questo motivo non sempre il robot riesce effettivamente a evitare gli ostacoli.

mente riflette sulle implicazioni teoriche di un possibile risultato sperimentale (in cui il robot esce dalla porta); tale risultato non deporrebbe in modo chiaro a favore della teoria secondo cui il robot non va a caso, dato che 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 Stefania e Massimo *propongono una modifica all'esperimento*, 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.

8. 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*».

Veronica: «*Sì però anche se va a sbattere ha la mappa. Perché lui ha la mappa in mente e non riesce a vedere gli ostacoli*».

Veronica afferma che l'esperimento di Fabrizio è inadeguato, perché uno dei possibili risultati sperimentali - il robot va a sbattere contro gli ostacoli - potrebbe essere spiegato attraverso due teorie 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 (ipotesi precedentemente formulata da altri bambini). In questo caso, oltre a una valutazione dell'adeguatezza dell'esperimento, Veronica esplicita alcune *spiegazioni alternative* per i dati sperimentali (nella scienza "adulta" la ricerca di spiegazioni alternative è essenziale per valutare l'adeguatezza degli esperimenti).

CONCLUSIONI

L'analisi preliminare appena descritta ha permesso di identificare alcuni *descrittori*, designanti altrettante

capacità di ragionamento scientifico, che possono svolgere un ruolo utile alla valutazione quali-quantitativa delle esperienze di didattica con i robot per lo sviluppo del pensiero scientifico:

- osservare;
- identificare ipotesi esplicative;
- formulare previsioni basate su una teoria;
- ipotizzare 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.

L'articolazione di queste categorie, l'identificazione delle relazioni che sussistono tra di esse e l'arricchimento dell'insieme qui proposto costituiscono gli obiettivi di un progetto di ricerca tuttora in corso presso il dipartimento di afferenza degli autori.

Prima di concludere sottolineiamo come lo sviluppo delle capacità oggetto di questa esperienza può essere naturalmente stimolato anche dall'organizzazione di attività di ricerca scientifica che *non* fanno uso di robot. Esperienze analoghe che coinvolgono l'osservazione e la teorizzazione sul comportamento di sistemi viventi, come piante o animali, vengono correntemente e con successo condotte nelle scuole di ogni ordine e grado. In virtù della loro relativa manipolabilità e del numero limitato di condizioni al contorno e fattori ambientali che ne possono influenzare il comportamento, i robot a uso didattico permettono tuttavia l'organizzazione di laboratori di "pensiero scientifico" relativamente dominabili anche nel contesto parzialmente strutturato di una classe di Scuola Primaria, ma non per questo meno divertenti e stimolanti.

BIBLIOGRAFIA

- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers and Education*, 58(3), 978-988. doi:10.1016/j.compedu.2011.10.006
- Braitenberg, V. (1984). *I veicoli pensanti. Saggio di psicologia sintetica*. Milano, IT: Garzanti.
- Bredenfeld, A., Hofmann, A., & Steinbauer, G. (2010). 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* (pp. 568-574).
- Gopnik, A. (2012). Scientific Thinking in Young Children: Theoretical Advances, Empirical Research, and Policy Implications. *Science*, 337(6102), 1623-1627. doi:10.1126/science.1223416
- Hanson, N. R. (1958). *Patterns of Discovery*. Cambridge, MA, USA: Cambridge University Press.
- Karmiloff-Smith, A. (1988). The child is a theoretician, not an inductivist. *Mind & Language*, 3(3), 183-196.
- Kuhn, D., & Pearsall, S. (2000). Developmental origins of scientific thinking. *Journal of Cognition and Development*, 1(1), 113-129. doi:10.1207/s15327647jcd0101n_11
- Levy, S. T., & Mioduser, D. (2008). 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), 337-359. doi:10.1007/s10798.007.9032-6
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining Inquiry. *The Science Teacher*, 69(2), 34-37. Retrieved from http://people.uncw.edu/kubaskod/SEC_406_506/documents/DefiningInquiry.pdf
- Mioduser, D., Levy, S. T., & Talis, V. (2007). Episodes to scripts to rules: concrete-abstracts in kindergarten children's explanations of a robot's behavior. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(1), 15-36. Retrieved from <http://muse.tau.ac.il/publications/92.pdf>
- Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., Mahmud, A. Al, & Dong, J.-J. (2013). A review of the applicability of robots in education. *Technology for Education and Learning*, 1. doi:10.2316/Journal.209.2013.1.209-0015
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. EUR22845. Retrieved from http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf
- Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context*. London, UK: Oxford University Press.
- Sadeh, I., & Zion, M. (2009). The development of dynamic inquiry performances within an open inquiry setting: A comparison to guided inquiry setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(10), 1137-1160. doi: 10.1002/tea.20310
- Siegel, M. (1997). *Knowing Children. Experiments in Conversation and Cognition*. Hove, UK: Psychology Press.
- 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. doi:10.1002/tea.20238