

Complessità e comportamenti emergenti. Il contributo della Robotica educativa

I kit cibernetici, dai LEGO® MINDSTORMS™ Robotic Invention System alle più recenti dotazioni per la realizzazioni di Robot giocattolo *con mattoncini programmabili*, utilizzati ai diversi livelli del sistema educativo, sono strumenti fondamentali per avvicinare gli utenti a concetti importanti appartenenti a quell'area definita della complessità quali comportamenti emergenti e sistemi dinamici complessi.

Nuove tecnologie e nuovi ambienti di apprendimento

Al sistema formativo ipersollecitato dalla tecnologia, e soprattutto da tutta quella parte definita digitale, vengono poste nuove e sempre più complesse sfide che l'istituzione, ai diversi gradi di formazione, non può ignorare.

Sono mutate le condizioni materiali della comunicazione e della conoscenza ed insieme a queste e con queste sono mutate le forme del sapere.

La tecnologia digitale ha assunto un ruolo fondamentale in tutti i settori delle attività umane e in questa prospettiva la robotica gioca un ruolo importante nello sviluppo delle nuove tecnologie.

Siamo solo agli inizi e credo nessuno possa dire con certezza quale evoluzione avrà nei prossimi anni.

Un dato certo è che i robot stanno cominciando a far parte sempre più della nostra vita quotidiana.

Ci riferiamo alle diversificate estensioni delle applicazioni robotiche: dai contesti europei, e più in generale del mondo occidentale, nei quali i robot hanno compiti che potremmo collegare al miglioramento della qualità della vita aiutando l'uomo in lavori ripetitivi o pesanti e in ambiti specifici d'uso, alle realtà del Giappone dove si studiano robot da compagnia per aiutare ragazzi e anziani.

Nelle applicazioni dell'intelligenza artificiale come in robotica oggi non si cerca specificatamente di creare dei sistemi cibernetici simulatori di esseri umani o della loro capacità di ragionare e pensare come l'uomo, ma di realizzare strumenti in grado di *integrarsi* nei sistemi già in uso.

Già oggi assistiamo ad una grande disponibilità di apparati tecnologici che integrano al loro interno dotazioni con capacità di calcolo.

In pratica il computer muterà le sue potenzialità originali e nella sua progettazione i tecnologici lo

porranno in relazione diretta ad azioni di interazione con l'ambiente esterno attraverso dispositivi di input, i sensori, e di output, gli attuatori.

Un efficace insegnamento-apprendimento deve tener conto del reale vissuto dei ragazzi e dovrebbe avere una priorità: aiutare a comprendere in modo profondo ed efficace la nuova tecnologia. Non di meno oggi disponiamo comunque di strumenti operativi come il computer che non è solo una semplice macchina, ma con altri strumenti tecnologici veri e propri apparati di conoscenza.

Oggi scienza e tecnologia sono fortemente intrecciate tra loro. Sappiamo come la ricerca su come è fatta la realtà, cioè la scienza, influenza e a sua volta è influenzata dalla ricerca rivolta a costruire tecnologie utili.

Dobbiamo sviluppare, con i nostri ragazzi che apprendono, l'idea di edutainment con tutte le sue potenzialità nell'avvicinare tutti alle nuove tecnologie.

Un *insegnamento* incentrato su chi apprende (*learner centered*), sui suoi bisogni cognitivi, metacognitivi, ma anche sociali e affettivi.

Le tecnologie sono diventate risorse fondamentali nei nuovi ambienti d'apprendimento che fanno riferimento a un quadro teorico di matrice costruttivista.

Nello scenario delle nuove tecnologie dell'apprendimento la robotica educativa sta assumendo un ruolo cruciale ai diversi livelli della formazione.

Da diversi anni portiamo avanti esperienze di laboratorio di progettazione microrobotica con attività di ricerca orientate allo studio delle relazioni e degli atteggiamenti dei ragazzi nei confronti di creature cibernetiche in grado di esibire un comportamento.

L'utilizzo di giocattoli computazionali è fondamentale per rispondere alle nuove realtà tecnologiche: i kit cibernetiche utilizzano opportunamente mattoncini intelligenti (RCX- microcomputer), sensori e motori.

Abbiamo tutto ciò che serve per costruire sistemi intelligenti che sono in grado di esibire un comportamento e avvicinare gli studenti a concetti importanti appartenenti alla scienza della complessità quali *comportamento emergente* e *sistemi dinamici complessi*.

Si tratta di simulare con i robot alcune funzioni cognitive e pertanto di confrontare le prestazioni esibite dal sistema robotico con la funzione cognitiva che si vuole comprendere.

Comportamenti emergenti

I comportamenti emergenti sono comportamenti che emergono dall'interazione di meccanismi di controllo semplici o di diversi individui.

Un **comportamento emergente** può comparire quando un numero di entità semplici operano in un ambiente, dando origine a comportamenti più complessi in quanto essi stessi collettività.

Esempi di comportamenti emergenti possono essere osservati in sistemi diversi: possono essere atomi o batteri in un contesto di natura fisica o biologica, oppure persone, macchine o imprese in un contesto economico.

Ci possiamo riferire in natura agli organismi biologici pluricellulari più evoluti, ma anche nell'andamento del traffico, nelle città o nelle simulazioni informatiche e negli automi cellulari.

In pratica e in senso più stretto si parla di comportamento emergente quando si osserva un comportamento che non è stato esplicitamente programmato ma che in definitiva "emerge" dall'interazione i componenti del fenomeno rilevato.

In robotica educativa l'insieme dei mattoncini, sensori, motori ed RCX costituisce tutto ciò che è necessario per costruire **sistemi intelligenti integrati** in grado di esibire un **comportamento**.

Sul piano degli apprendimenti costruire un automa significa anche porre il ragazzo di fronte alla realtà con tutte le sue variabili quali le indeterminatezze e le incertezze tipiche dell'ambiente (diversa dalla simulazione in contesti virtuali ove tutto è comunque predefinito).

Il mattoncino programmabile è esplicitamente programmato in modo che chi lo usa possa continuamente modificarlo e modificare i suoi comportamenti (approccio costruzionista del MP nell'apprendimento).

Se per sistema intendiamo l'insieme dei mattoncini, sensori,attuatori ed RCX allora possiamo definire il comportamento come la risultante di una continua e dinamica interazione del sistema con l'ambiente.

In tale contesto l'RCX (microcomputer) lo potremmo definire come il "cervello" delle "creature artificiali" siano essi robot o altri oggetti cibernetici.

Sistemi dinamici complessi in robotica

In altri lavori abbiamo visto come attraverso la costruzione di oggetti cibernetici gli utenti possono a livello cognitivo acquisire molteplici conoscenze familiarizzando soprattutto con quei sistemi che rientrano nella categoria dei cosiddetti *sistemi dinamici complessi*.

La tesi di partenza in tutte le esperienze che si possono realizzare ai diversi livelli formativi è un approccio di tipo costruzionista secondo il quale si sviluppa un sistema cibernetico dotato di opportuni sensori e attuatori i motori.

Un programma di controllo e un ambiente dovranno produrre un comportamento desiderato.

Cosa può accadere: il sistema in realtà può produrre un comportamento diverso da quello desiderato e le azioni conseguenti dovranno orientarsi verso la modificazione degli elementi costituenti il sistema.

In pratica si attua un percorso per approssimazioni progressive tenendo conto, per chi opera, che per arrivare all'obiettivo che ci si è posti occorre definire chiaramente tutti gli elementi del sistema.

Per chi si occupa da molti anni di robotica educativa è utile sottolineare come un quadro teorico di riferimento dell'insegnamento secondo una visione esclusivamente di matrice costruzionista può entrare in crisi in quanto si osserva chiaramente una non corrispondenza tra il comportamento ottenuto e quello desiderato.

In questi casi occorre lavorare sul sistema affinché si riduca la differenza fra i due comportamenti: atteso e manifestato dal sistema stesso e superare ciò che può apparire una situazione di impasse. Gli studenti procedono in tal modo, per tentativi ed errori, ed osservano i comportamenti emergenti apportando le modifiche necessarie per renderli aderenti all'idea originale.

Il docente interviene tenendo conto del contesto educativo attraverso un'azione di didattica collaborativa.

Sul piano cognitivo risulta fondamentale riconsiderare la progettazione microrobotica di artefatti cibernetici ponendola in relazione all'area concettuale dei sistemi dinamici complessi. In questi sistemi per definizione il comportamento complessivo del sistema è il risultato dell'interazione di un certo numero elementi ed è piuttosto arduo immaginare quale è l'effetto di una modifica di un elemento del sistema sul comportamento complessivo risultante.

Altrettanto difficile immaginare quale azione di cambiamento attuare per ottenere un previsto comportamento complessivo desiderato.

Questo accade in sistemi diversi e in robotica educativa una situazione analoga può verificarsi quando cerchiamo di costruire un robot in grado di svolgere un certo compito.

Sappiamo che il comportamento del robot in definitiva dipende dall'interazione di una serie di elementi quali la struttura fisica del robot, la collocazione dei sensori e degli attuatori, i motori, il programma e l'ambiente esterno.

Analogamente ad altri sistemi dinamici complessi per un sistema cibernetico con queste caratteristiche è difficile ipotizzare l'effetto di un singolo cambiamento in una di queste componenti. Per ovviare a questo tipo di problema si possono sviluppare dei sistemi in grado apprendere o, in altre parole, di **autorganizzarsi**.

Realizzare esperienze di questo tipo con kit di robotica è possibile anche se non sempre facile.

In laboratorio di progettazione microrobotica si possono sviluppare attività operative che ci consentono un approccio al concetto di comportamento emergente. Si tratta di progettare e realizzare robot semplici che sono in grado di interagire tra loro e con l'ambiente e che mostrino comportamenti

per i quali non sono stati esplicitamente programmati.

L'obiettivo di fondo dell'esperienza è dimostrare come semplici regole comportamentali possano dare origine a comportamenti anche complessi e articolati, inizialmente non attesi. A questi livelli di lavoro con i ragazzi il docente attiva percorsi induttivi, utilizzando opportunamente i sensori nel senso di collegarli ai motori in maniera non predefinita ma volutamente casuale.

Nelle attività successive il lavoro con i ragazzi, sempre di tipo collaborativi, sarà orientato a ipotizzare e/o scoprire direttamente quali sono i comportamenti che emergono.

Robotica evolutiva

La robotica evolutiva è un settore di ricerca relativamente nuovo, tanto che i primi esperimenti reali sono partiti solo nel 1993. E' quella parte della robotica che studia la possibilità di creare forme di vita artificiali intelligenti, in grado di svilupparsi e adattarsi autonomamente all'ambiente in cui si trovano.

In così poco tempo però sono stati fatti notevoli progressi e sono circa 40 nel mondo i laboratori dove attualmente si sperimentano queste tecniche. E' un approccio nuovo per lo sviluppo di robot autonomi intelligenti che si basa su un processo di evoluzione artificiale e vede i robot come sistemi artificiali autonomi che sviluppano le proprie abilità interagendo con l'ambiente esterno senza l'intervento umano.

Si tratta di un percorso decisamente interdisciplinare che accoglie contributi ed aspetti oltre che dell'intelligenza artificiale, della biologia, della psicologia, delle neuroscienze e dell'etologia. Sappiamo come l'imprecisione e l'imprevedibilità dei parametri ambientali sono importanti per il robot che agisce in un ambiente in continuo cambiamento.

Il robot stesso è sottoposto a diverse sollecitazioni e in questo contesto il robot, a differenza della macchina tradizionale, deve essere in grado di far fronte a tutte queste imprevedibili modificazioni ambientali e variazioni alla struttura in modo autonomo.

Possiamo considerare il robot come un vero e proprio organismo artificiale capace di adattarsi in modo continuo e autonomamente alle indeterminazioni e imprevedibilità dell'ambiente in cui opera. Sono questi i nuovi approcci della Robotica mirate alla realizzazione di macchine adattive : la Robotica Evolutiva e la Robotica Biomorfa.

Nell'ambito della Robotica Evolutiva è stato progettato e realizzato un primo prototipo denominato Toybot che consente di 'allevare' robot selezionando quelli che producono il comportamento più vicino a quello desiderato.

Si tratta di un progetto di ricerca svolto in collaborazione tra l'Istituto di Psicologia del C.N.R. di Roma e il LEGOLab dell'Università di Aarhus in Danimarca. Finalità del progetto: sviluppare una serie di software ad uso didattico che trovano origine e si relazionano a tecniche di evoluzione artificiale.

In robotica educativa è facile constatare come di norma i robot si muovono sulla base di un programma specifico, ma è ovviamente impossibile per i programmatori prevedere tutte le incognite che si verificheranno nel contesto reale. In sintesi i nostri robot così programmati prima o poi di fronte ad ostacoli, anche se semplici, non saranno in grado di assolvere funzioni specifiche previste in pratica bloccandosi.

In robotica evolutiva (robotica adattiva o anche robotica biomorfa) si procede in modo concettualmente diverso e i robot lavorano senza che il programmatore abbia a priori definito con precisione le loro azioni. E' la grande sfida dell'intelligenza artificiale.

Sono modelli che interagendo con l'ambiente attraverso delle reti neurali, hanno la capacità di apprendere. In tale prospettiva la macchina dovrebbe così acquisire informazioni dall'interazione e la soluzione *emerge* da un processo e sono questi che fanno emergere una soluzione.

I robot hanno in pratica la possibilità di raggiungere un obiettivo finale secondo un percorso spesso imprevedibile. Attraverso questa che potremmo definire lenta evoluzione i robot "evoluiti" imparano a compiere autonomamente azioni che gli permettono di restare in vita. Altri esperimenti sono stati fatti robot imparano a 'collaborare' per portare a termine un compito altrimenti impossibile.

Una nuova generazione di robot sono gli EC Agents, robot capaci di lavorare in gruppo e di comunicare tra loro. Progettati nell'ambito del progetto europeo 'ECAgents', coordinato dal dr. Stefano Nolfi dell'Istituto di scienze e tecnologie della cognizione del CNR. Rappresentano la conquista più recente delle ricerche nell'ambito della robotica e di quella parte delle scienze cognitive che studia l'evoluzione della comunicazione animale e del linguaggio umano.

Sono in grado di cooperare per raggiungere gli obiettivi e il tutto in modo autonomo e posseggono un proprio linguaggio basato su suoni o segnali luminosi.

Bibliografia

Asimov I. (1973), *Io robot*, Mondadori, Milano.

Braitenberg V. (1984), *I veicoli pensanti*, Garzanti, Milano.

Gardner H. (1993), *Educare al comprendere*, Feltrinelli, Milano.

Giordano E. (2002), Percorsi di apprendimento, *TD – Tecnologie Didattiche*, n. 27, pp. 21-28.

Papert S. (1994), *I bambini e il computer*, Rizzoli, Milano.

Papert S. (1994). *I Bambini e il Computer*. Milano: Rizzoli.

Resnick, M. (1996). Beyond the Centralized Mindset. *Journal of the Learning Sciences*. (5) 1:1-22.

Lund, H. H., Miglino, O., Pagliarini, L., Billard, A., Ijspeert A. (1997). Evolutionary Robotics A Children Games. *Proceedings of International Conference on Evolutionary Computation 1997*, pp. 100-104. IEEE Computer Society Press.

Nolfi S., and Floreano D. (2000). *Evolutionary Robotics: The Biology, Intelligence, and Technology of Self-Organizing Machines*. Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books

Sharkey, N.E. (1997) The new wave in robot learning. *Robotics and Autonomous Systems*. 22, 179-186.

Rapporto Tecnico n. 01-2002, Laboratorio di Tecnologie Cognitive, Dipartimento di Psicologia, Seconda Università di Napoli. Nolfi S., Floreano D. (2000),

Martin F. (2001), *Robotic Explorations: An Introduction to Engineering Through Design*, Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, NJ.

Sciami intelligenti Di Eric Bonabeau e Guy Theraulaz (in Le Scienze 381/maggio 2000)

Miglino O., Lund H. H., Pagliarini L. (2002), *Teaching Evolutionary Biology Using Artificial Life*.

Strumenti per una didattica rinnovata:

- "Apprendimento e nuove strategie educative Le tecnologie informatiche tra teoria e pratica didattica", Edizioni Unicopli- marzo 2000.

Sitografia

Per maggiori informazioni riguardo robot LEGO-Mindstorms si veda il sito:

www.legomindstorms.com [1]

Maggiori informazioni riguardo ai Robot in grado di apprendere possono essere ottenute dai seguenti siti:

Educational Robotics Academy

www-education.rec.ri.cmu.edu/ [2]

DAIMI Computer Science in Aarhus

www.daimi.au.dk/research/areas/robotics/ [3]

Source URL:

<http://www.lswn.it/robotica/articoli/>

[complessita_e_comportamenti_emergenti_il_contributo_della_robotica_educativa](http://www.lswn.it/robotica/articoli/complessita_e_comportamenti_emergenti_il_contributo_della_robotica_educativa)

Links:

[1] <http://www.legomindstorms.com>

[2] <http://www-education.rec.ri.cmu.edu/>

[3] <http://www.daimi.au.dk/research/areas/robotics/>

Pubblicato da Le Scienze Web News (<http://www.lswn.it>) - 2000-2006 © LSWN | ISSN 1827-8922