

# Il mondo dei robot: cosa sono, a cosa servono, un approccio didattico.

Prof. Domenico Ardito

IT "Archimede" Catania

Viale Regina Margherita, 22 95123 Catania -CT

e-mail: [domhardy@virgilio.it](mailto:domhardy@virgilio.it)

*Verrà illustrata una breve panoramica sulla storia degli automatismi e sul loro utilizzo, fino a giungere ai moderni obiettivi della robotica, con particolare riferimento all'esperienza didattica e di ricerca presso l' IT "Archimede" di Catania a partire dal nuovo millennio: la divulgazione anche presso altre scuole mediante corsi e stand espositivi (Job Orienta, Salone dell'Orientamento, Corsi di diffusione della Cultura Scientifica nel territorio), la partecipazione a competizioni locali (Minirobt) ed anche nazionali ed internazionali (Robocup junior a Vicenza e Singapore), lo studio di automatismi evoluti in collaborazione con l' Università di Catania – DIEES ed il Laboratorio Nazionale del Sud.*

## 1. Introduzione

Fin dagli albori della civiltà , il progresso tecnologico è stato sempre correlato alle invenzioni di attrezzature e poi di macchinari che in modo più o meno autonomo aiutassero l'umanità ad espletare quei lavori e quelle mansioni necessarie alla sopravvivenza e comunque in grado di migliorare la vita. Sono ad esempio notevoli e straordinari per l'epoca alcuni progetti di meccanismi azionati da fonti di calore oppure dal movimento dell'acqua, per giungere ai meccanismi di riduzione dello sforzo (leve, carrucole e verricelli) . Ma senza dubbio i più importanti progressi della meccanica si sono avuti dapprima nel Rinascimento ( le macchine di Leonardo da Vinci) e poi nel Settecento. La genialità degli inventori di automi si sbizzarrisce in quest'epoca con oggetti in gran parte realizzati a scopo ludico, ma talvolta anche con fini militari. L'ulteriore salto di qualità si ha con l'invenzione del motore elettrico (Pacinotti, Galileo Ferraris) e del motore a scoppio ( versione a benzina di Otto Benz e a gasolio di Rudolf Diesel , entrambi tedeschi). Le macchine acquistano così una loro autonomia di movimento, con la sola limitazione del controllo da parte dell'uomo. Saranno poi i matematici Boole e Von Neumann a gettare le basi per quella tecnica che prenderà il nome di intelligenza artificiale.

### 1.1 I calcolatori

Dopo che insigni matematici come Pascal e Babbage progettarono e in parte realizzarono i primi modelli di macchina calcolatrice automatica (interamente meccaniche), la ricerca nel settore non ebbe sviluppi significativi fino agli anni '30, quando i primi studi sulle applicazioni elettroniche con valvole termoioniche della numerazione binaria ( on-off, acceso – spento , perfettamente adeguata ai circuiti elettrici ed elettronici) condussero alla realizzazione del primo calcolatore elettronico della storia (ufficialmente realizzato nel 1947 , probabilmente già in segreto durante la guerra per applicazioni militari di calcolo balistico d'artiglieria). L'invenzione del transistor (1947) e poi del circuito integrato (1964) consentì quindi di applicare tecniche automatizzate a dispositivi meccanici, in grado anche di eseguire operazioni di qualche complessità con un'autonomia decisionale sempre crescente.



**Fig.1 macchina differenziale di Babbage (1822)**

## **1.2 L'elettronica protagonista.**

Anche se la conquista della Luna ( 1969) avviene senza il suo apporto, la nascita (1971, Intel 4004 ) del primo circuito integrato a microprocessore (CPU) segna il definitivo ingresso nell'era dell'intelligenza artificiale. E' di questo periodo un famoso film di fantascienza " Il mondo dei robot" , in cui si ipotizzano robot così sofisticati da riuscire a prendere momentaneamente il sopravvento sugli umani, scatenando un vera e propria "guerra" nella quale, tuttavia, ha la meglio l'uomo con quel guizzo di fantasia ed imprevedibilità che non potranno mai avere le macchine.

Inoltre, il celebre scrittore russo Isaac Asimov crea, nel suo capolavoro "Io robot" le famose 3 leggi della robotica, che risultano comunque talmente in contrasto con i difetti della natura umana da provocare l'inevitabile reazione dei robot, macchine intelligenti ma troppo basate sulla fredda logica.

## **2. Lo sviluppo dell'intelligenza artificiale.**

Perché la tecnica degli anni successivi ha puntato tanto sugli studi di robotica? La crescente flessibilità d'impiego, dovuta alla sempre maggiore velocità dei sistemi di elaborazione, quantità di memoria, capacità

d'interagire a stimoli esterni (sensori) e di affinare le capacità decisionali con le tecniche di auto apprendimento, consente oggi di creare macchinari industriali in grado di apprendere e replicare un processo anche complesso (si pensi a d esempio alla verniciatura di autoveicoli) e soprattutto, senza modificare la struttura meccanica , di modificare i processi produttivi semplicemente reimpostando alcuni parametri con semplici operazioni . L'industria di produzione dei componenti elettronici ha intere fasi produttive che avvengono in ambienti del tutto sterili, con manipolazioni dei materiali esclusivamente robotizzate, consentendo così di evitare contaminazioni derivanti da entrata –uscita di personale umano e potendo altresì inserire condizioni ambientali che sarebbero proibitive per gli esseri umani . Le forze dell'ordine ed i corpi militari impiegano robot di svariate dimensioni per effettuare ricognizioni e/o operazioni altamente rischiose come disinnescare ordigni. Alcune parti del corpo umano (come arti e talvolta lo stesso cuore) possono essere realizzati come automatismi intelligenti, dotati di tutti quei sensori ed attuatori necessari ad interagire con l'esterno e trasmettere le informazioni e le sensazioni al cervello.

## 2.1 Quale futuro?

Non è difficile immaginare che nell'arco di una ventina d'anni l'intelligenza artificiale e le tecniche di bio ingegneria creeranno uno scenario sociale decisamente rivoluzionario. Affermare che gli esseri umani potranno diventare parzialmente robot non è affatto un'assurdità. Parti del corpo artificiali come mani, braccia, gambe , occhi, anche lo stesso cuore, costruiti da esseri umani, faranno parte di altri esseri umani interagendo con i segnali del sistema nervoso sia volontario che simpatico e parasimpatico. Ma anche le macchine in modo autonomo potranno costruire tali parti, e non è escluso che gli stessi robot androidi siano costituiti proprio con queste tecniche.

Un'altra verosimile ipotesi è che i robot acquisiscano l'abilità di self-maintenance, cioè di capire in modo autonomo i propri guasti incipienti e di sapersi auto riparare, oppure di ripararsi fra loro.

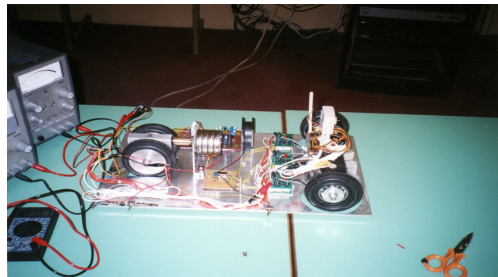
Le tecniche di interazione fra automi sono già oggi avanzate. Da alcuni anni si disputano campionati di calcio fra mini robot, che sanno comunicare fra loro, riconoscere avversari e compagni di squadra, gestire tattiche di gioco e adattare velocità, posizione, movimenti in base al comportamento degli avversari (Robocup).

E' inoltre da considerare il progresso della mimica facciale ed espressiva degli attuali robot. In Giappone ed in Corea esistono automi che, osservando le mimiche degli esseri umani, le memorizzano dettagliatamente e riescono a riprodurle mediante una grande quantità di micro motori elettrici impiantati in una struttura facciale ricoperta da una pelle artificiale al silicone, di un realismo davvero impressionante.

## 3. L'esperienza dell 'IT “Archimede” di Catania.

Già a partire dagli anni '80 e '90, altri docenti dell 'IT “Archimede” avevano realizzato piccoli automi intelligenti, dotati di sensori di ostacolo e di luce, in

grado di muoversi in un percorso con ostacoli e seguire una linea nera di riferimento. Nel corso di Elettronica, poi diventato "Progetto Ambra", era prevista un'apposita attività denominata "Area di Progetto", con obiettivi formativi di tipo professionalizzante. Grazie anche alla collaborazione con una nota azienda elettronica multinazionale presente nel territorio, si realizzavano inoltre corsi di aggiornamento e post-diploma usando dapprima lo storico sistema di sviluppo "Nanobook" Z80, e successivamente il microcontrollore ST6. Proprio con questo sistema, ho realizzato con i miei alunni alcuni progetti innovativi, a partire dall'anno 2000: inseguitore intelligente di luce con pannello fotovoltaico, centralina automatica per ascensori, casa intelligente con controllo luci, temperatura acqua e allarmi gas ed intrusioni collegata anche al PC, ed un robot con telecamera e sensori ultrasuoni per esplorare autonomamente ambienti ed inviare immagini a distanza. Proprio quest'ultimo progetto, dell'anno scolastico 2000-2001, ha destato l'interesse della Facoltà d'Ingegneria, con cui si ipotizza una collaborazione didattico-scientifica sulla Robotica.



**Fig. 2 robot anno 2000**

### 3.1 La collaborazione con l'Università di Catania.

Ma per una serie di motivi, tale collaborazione diventa concreta solo dal 2005, quando si prepara l'organizzazione del campionato mondiale Eurobot 2006 a Santa Tecla (Acireale).

La preparazione di questo evento fa sì che gli obiettivi della nostra attività di Robotica puntino decisamente alla didattica innovativa. Infatti, si affianca al campionato mondiale universitario la prima edizione di "Minibot" (poi diventata "Minirobot", [www.minirobotics.org](http://www.minirobotics.org)), una competizione per scuole superiori basata sul kit "Lego Mindstorm". Il mattoncino intelligente Lego è basato su microcontrollore della serie ARM7 a 32bit e può gestire fino a 3 motori e 4 sensori. Inoltre, il problema di progettare strutture meccaniche è risolto con l'uso di ingranaggi pronti, in grado di trasmettere il moto in tutti i modi possibili (ruote dentate, cremagliere, ruote dentate coniche per trasmissione a 90°, cinghie, ecc.). La preparazione alla gara diventa l'occasione per impostare il primo corso organico di Robotica, basato sul "problem solving" e sul lavoro di squadra.

## 4. Didattica innovativa della Robotica

La didattica innovativa è organizzata mediante obiettivi, classificabili in:

- a) Macro obiettivi o “target”;
- b) Micro obiettivi o “task”.

I “target” sono dei risultati complessivi da raggiungere , come la costruzione fisica del robot, il suo collaudo meccanico, il progetto del software e le prove di funzionamento.

I “task” sono in pratica dei compiti assegnati progressivamente a ciascun gruppo di allievi, che hanno la responsabilità di gestire l'avanzamento del proprio lavoro ( il progetto teorico di una o più parti, la lavorazione meccanica, le scelte dei materiali, gli algoritmi per ogni funzione da svolgere).

In pratica, ho impostato l'attività discutendo dapprima il progetto generale con tutto il gruppo, fornendo informazioni sui comandi di programmazione, i meccanismi disponibili e le loro caratteristiche cinematiche, la sensoristica ed i suoi aspetti . A questo punto, ho suddiviso i discenti in sotto gruppi , ripartiti fra progettisti strutturali- meccanici e programmatori.

Il mio compito di docente- tutor diventa così di tipo organizzativo-relazionale. Ogni sotto gruppo ha un tempo stabilito per portare avanti il proprio task, ad esempio una settimana. All'inizio di ogni incontro, si verifica il raggiungimento effettivo dei singoli task assegnati in precedenza e si promuove il coordinamento fra programmatori e strutturisti per le prove anche parziali delle funzioni da svolgere da parte dell'automa.

**La tabella 1 sintetizza un esempio di progettazione ad obiettivi**

<b>Tempo</b>	<b>Obiettivo docente</b>	<b>Obiettivo strutture</b>	<b>Obiettivo software</b>	<b>Note</b>
1a settim.	Illustraz. obiettivi	Ipotesi parti	Ipotesi algoritmi	Coordinare strutture e algoritmi
2a settim.	Assegnaz gruppi	Studi di fattibilità	Flow chart iniziali	Cooordinare c.s.
3a settimana	Supervisione	Scelta materiali	Algoritmi	“ “
4a settimana	Supervisione	Montaggi parti	Collaudi su parti meccan.	“ “
5a settimana	Supervisione e revisione	Assemblaggio generale	Collaudo task concorrenti	Tarature meccaniche e software
6a settimana	Come sopra	Regolazioni strutturali	Collaudo parametri operativi	Come sopra

			(tempi, potenze, ecc)	
Ulteriori sett.	Come sopra	Come sopra	Come sopra	Come sopra

Questa tabella prevede tuttavia una conoscenza dei linguaggi di programmazione già acquisita e consolidata, tipica di studenti dal 4° anno di corso. Nel caso della gara Minirobot, escludendo l'uso della programmazione a blocchi (troppo farraginosa e limitativa), si è adottato dapprima il linguaggio NQC (mattoncino di prima generazione RCX) e successivamente il linguaggio NXC (mattoncino NXT di seconda e terza generazione), mediante l'utility Open Source Bricx (<http://sourceforge.net/projects/bricxcc/>).

Tuttavia, dopo l'esperienza della prima edizione di Minibot, si sono esplorate alcune alternative didattiche: Kit programmabili della Parallax (Boe-Bot), della Robotech, Il Robot I-Droid con telecamera e riconoscimento del parlato ed infine la progettazione di robot umanoidi in grado di giocare al calcio.

Questa proposta, scaturita da un'idea della Facoltà d'Ingegneria nel 2008, ha prodotto, a cura esclusiva del nostro Istituto, un progetto esecutivo di umanoide di circa 40 cm, di cui si è analizzato il problema dell'equilibrio statico e dinamico con il coordinamento di 16 servo motori digitali. Contestualmente, l'esperienza nella progettazione con Lego Mindstorm ha consentito di realizzare un robot con cingoli, braccio meccanico e telecamera che ha esordito alla Salone Job Orienta alle Ciminiere e poi ha dato spettacolo alla prima edizione Robocup Junior della Rete di Scuole, svoltasi a Torino nel maggio 2009.

## 5. La Robocup e le competizioni internazionali.

Nel 2010 si decide la partecipazione all'edizione della Robocup Junior ([www.robocupjr.it](http://www.robocupjr.it)), in programma a Vicenza in aprile. L'idea è di sfruttare gli studi già svolti sull'equilibrio degli umanoidi e sui sensori accelerometri e giroscopi per programmare movimenti fluidi ed accattivanti su un kit della Hitec. L'idea di imitare in qualche modo i movimenti di Robo-dance del compianto artista Michael Jackson, al ritmo della sua musica, prende corpo con un lavoro di programmazione e prove accurate che consente la vittoria nel campionato nazionale sezione Dance e la qualifica per i mondiali di Singapore.

Si tratta di un risultato di grande prestigio, che ci mette nelle condizioni di rappresentare l'Italia e soprattutto di confrontarci con le esperienze più valide ed innovative.

Ai Robot già disponibili si affianca un altro umanoide della V-stone, con movimenti ancora più fluidi grazie ad una sensoristica più evoluta. Ma soprattutto i partecipanti progettano e realizzano una scenografia con luci

variabili al ritmo di musica ed altri effetti luminosi (girandole di led).



**Fig. 3 I mondiali di Singapore 2010.**

Il risultato finale di Singapore è certamente lusinghiero, con la posizione nella top- ten e l'ottavo posto come nazione.

A questo punto, mentre il nostro Istituto si candida con successo all'organizzazione della Robocup 2011, diventa necessario rimodulare gli obiettivi didattici, anche in considerazione della nuova riforma degli Istituti Tecnici che prevede l'Informatica già al primo anno. Si attiva inoltre un progetto, approvato dal MIUR, di diffusione della Cultura Scientifica mediante corsi di Robotica agli studenti di scuola secondaria di primo grado e, occorrendo, anche primaria.

## **6. Le nuove strategie didattiche.**

Le strategie didattiche sono totalmente rimodulate, con i seguenti criteri.

### **A) Scuole secondarie di primo grado.**

Il modello generale di didattica per obiettivi rimane sostanzialmente immutato, ma cambia la spiegazione preliminare, molto meno matematica e maggiormente basata su esempi pratici dei principali fenomeni fisici.

Si utilizzano i kit Mindstorm ma con la programmazione a blocchi, più semplificata ed intuitiva, pur con i suoi limiti ma in grado di ottenere robot che evitano ostacoli, seguono linee nere e all'occorrenza riconoscono altri colori, reagiscono a comandi sonori. In tal modo si danno le nozioni fondamentali per partecipare alle competizioni rescue e dance under 14.

### **B) Competizione Minirobot.**

Si riserva alle classi iniziali del nostro Istituto, con semplici procedure di meccanica e di programmazione in NXC, e con l'uso del Bluetooth per collegare più centraline. Anche in questo caso si usano i kit Mindstorm, con possibilità di aggiungere elementi meccanici non inclusi nei kit, ma progettati dagli alunni. La metodica per obiettivi rimane immutata.

### **C) Competizioni Robocup ed altre a carattere nazionale.**

Ferma restando la metodica per obiettivi, assume un ruolo preponderante la responsabilità degli alunni (di 4° e 5° anno di corso), che hanno già maturato esperienza con le competizioni Lego. I robot sono preferibilmente

auto costruiti, coordinando alunni di Meccanica, Elettronica, Elettrotecnica ed Informatica. Si opera su disegni professionali in formato Autocad, si progettano le schede elettroniche preferibilmente mediante applicativi CAD elettronici, si affrontano problematiche complesse ed articolate su più indirizzi di specializzazione, in modo trasversale. I contatti con l'Università ed il Laboratorio nazionale del Sud consentono ai docenti un arricchimento tecnologico e culturale che viene riversato sotto forma di contenuti tecnici avanzati da proporre agli studenti di eccellenza.

## 7. Conclusioni

La Robotica, essendo una disciplina trasversale, ha il pregio di sviluppare nei discenti competenze ed abilità di grande rilevanza per le esigenze produttive delle aziende tecnologiche. In sintesi:

**A) Capacità progettuali coordinate per il lavoro di staff,**

**B) Competenza nel problem solving, partendo dalle conoscenze tecniche acquisite e affinando le soluzioni col crescere dell'esperienza;**

**C) Rispetto per le opinioni altrui, attitudine al confronto costruttivo e abilità sinergiche nella realizzazione dei risultati.**

Per questo motivo, a mio parere, è di grande utilità la formazione di una mentalità progettuale già nelle generazioni più giovani, per una didattica ed una formazione davvero innovative.

## Bibliografia.

*Io, Robot* (1950), di [Isaac Asimov](#), Mondadori ([ISBN 8804519525](#)).

Marcella Corsi, *Il sistema di fabbrica e la divisione del lavoro: il pensiero di Charles Babbage*, *Quaderni di storia dell'economia politica*, vol. 3, 1984, pp. 111-123

Simon Singh, *Codici & segreti*, Rizzoli editore, Milano, 1999, [ISBN 88-17-86213-4](#).