

# MiDra: Robot talpa per la bonifica di terreni inquinati

L'Unione Europea ha fra gli obiettivi il risanamento ambientale e il recupero dei siti inquinati. Vi sono nella Unione numerose discariche a cielo aperto di rifiuti che per epoca di costruzione e paese non hanno impermeabilizzazione del fondo o l'hanno insufficiente. Liquidi inquinanti (percolati) possono in questi casi passare dal corpo della discarica ai terreni sotto stanti con danneggiamento anche grave dell'area circostante il sito e rischio con-

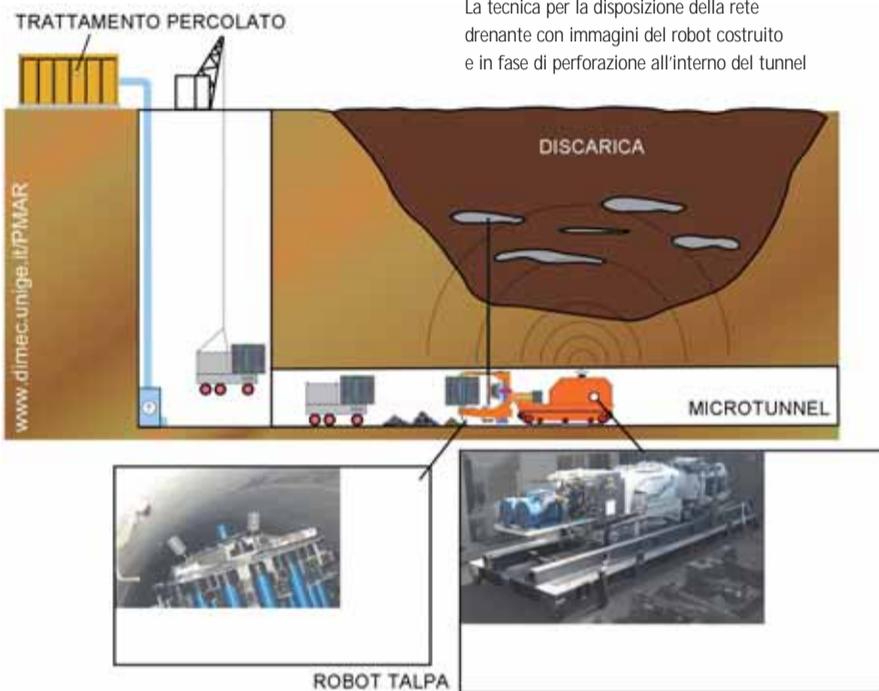
tinuo in particolare per le falde acquifere. Sigillare la sommità della discarica per limitare l'afflusso di acqua piovana non è sufficiente a fermare le dispersioni di percolato e la tecnica di bonifica tradizionalmente utilizzata prevede lo spostamento integrale del materiale discaricato, la preparazione e impermeabilizzazione del fondo e la ricollocazione del materiale nel sito, con costi e tempi di esecuzione molto alti.

Un consorzio europeo con società italiane leader nei settori del microtunneling e della perforazione e due centri di ricerca italiani hanno sviluppato negli ultimi anni una tecnica di bonifica alternativa ad alta tecnologia che utilizza un robot talpa progettato per muoversi in cunicoli al di sotto del corpo della discarica. Il lavoro è incominciato nel quadro del progetto europeo MicroDrainage e prosegue nella ingegnerizzazione del sistema. Anzi che rimuovere integralmente il materiale della discarica per scoprire e impermeabilizzare il fondo si scavano pozzi verticali principali intorno alla discarica, pochi e in zone decise in base alla conformazione e geologia del sito. A partire dai pozzi principali si scavano gallerie orizzontali di piccolo diametro (microtunnels) che corrono radialmente nel terreno al di sotto della discarica. Da ciascuna galleria parte una rete di tubi drenanti che penetrano dal basso verso l'alto nella discarica. Il percolato corre in questi tubi, raggiunge le gallerie e da queste si raccoglie nei pozzi dai quali può essere pompato ad un impianto di trattamento.

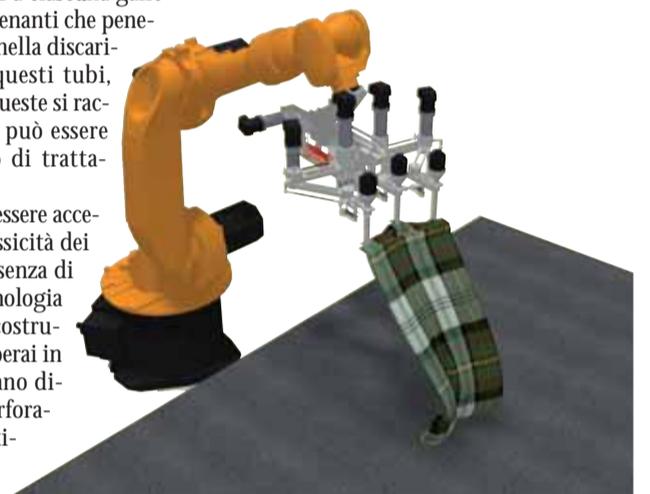
La rete di gallerie non può essere acceduta da operai per l'alta tossicità dei percolati e la possibile presenza di gas. Era già disponibile tecnologia di microtunneling per la costruzione delle gallerie senza operai in aree pericolose ma non erano disponibili sistemi per la perforazione e l'impianto automatico dei tubi drenanti. È stato allora svilup-

pato il robot talpa MiDra, resistente all'ambiente tossico corrosivo, ad altissima affidabilità per riuscire sempre ad uscire autonomamente dalle gallerie anche in caso di malfunzionamento e dotato di un sistema di perforazione robotizzato per la installazione dei dreni. Un operatore può supervisionare e teleoperare la talpa dalla superficie con l'ausilio di telecamere e altri sensori a bordo.

Si pensa di impiegare la stessa tecnologia contro i movimenti franosi di terreno causati dalla presenza di strati con accumuli d'acqua. In questo caso la rete di dreni prosciuga gli strati di scivolamento arrestando il terreno in movimento con minimo impatto sul paesaggio e minime opere civili necessarie. Da nota del PMARlab, Università di Genova: [www.dimec.unige.it/PMAR/](http://www.dimec.unige.it/PMAR/).



La tecnica per la disposizione della rete drenante con immagini del robot costruito e in fase di perforazione all'interno del tunnel



## Robotica e ricerca



PROF. BRUNO SICILIANO  
Dipartimento di Informatica e Sistemistica  
Università di Napoli Federico II  
[siciliano@unina.it](mailto:siciliano@unina.it)  
[wpage.unina.it/sicilian](http://wpage.unina.it/sicilian)

Da tempo i robot hanno lasciato i libri di fantascienza per abitare il nostro mondo. Li troviamo ovunque: in fabbrica ad assemblare automobili, nello spazio ad esplorare pianeti, in operazioni di salvataggio, in sala operatoria e addirittura in casa ad aiutare nelle faccende domestiche. In questo articolo parliamo della diffusione dei robot, delle linee di sviluppo nel settore e dei programmi di ricerca in Europa.

### ROBOT E ROBOTICA

I libri di Asimov e i film di fantascienza hanno indubbiamente condizionato l'immaginario collettivo che è portato a individuare nel robot un androide che parla e cammina, vede e sente, con gesti e reazioni di tipo umano. In concreto, possiamo definire robot (termine di origine slava che significa letteralmente 'lavoro') una qualsiasi macchina, in grado di svolgere dei compiti in maniera automatizzata per sostituire o migliorare il lavoro umano. Per arrivare a comprendere il significato tecnico del termine robot, possiamo riferirci alla definizione della robotica come quella scienza che studia la connessione intelligente tra percezione e azione. L'azione è offerta da un sistema meccanico dotato di organi di locomozione per muoversi (ruote, cingoli, gambe meccaniche) e/o di organi di manipolazione per intervenire sugli oggetti presenti nell'ambiente circostante (braccia meccaniche, mani artificiali, utensili). La percezione è affidata ad un sistema sensoriale in grado di acquisire informazioni sul sistema meccanico e sull'ambiente (sensori di posizione, telecamere, sensori di forza e tattili). La connessione intelligente è affidata ad un sistema di controllo che governa il moto in relazione a ciò che avviene nell'ambiente, secondo lo stesso

principio del "feedback" (retroazione) che regola le funzioni del corpo umano.

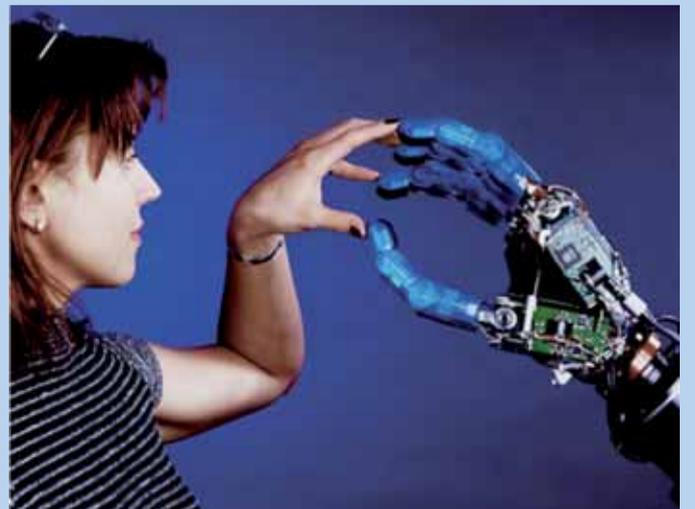
### ROBOTICA INDUSTRIALE E ROBOTICA AVANZATA

I robot hanno trovato larga diffusione nell'industria a partire dagli anni '70. La riduzione dei costi di produzione, l'incremento di produttività, il miglioramento degli standard di qualità del prodotto e, soprattutto, la possibilità di eliminare compiti rischiosi o alienanti per l'operaio, rappresentano i principali fattori che hanno determinato la diffusione della robotica nell'industria manifatturiera, specialmente nel settore automobilistico. La robotica industriale è da considerarsi come una tecnologia ormai matura. D'altro canto, parliamo di robotica avanzata per riferirci alla disciplina che studia robot con spiccate caratteristiche di autonomia, le cui applicazioni riguardano l'operatività in ambiente ostile (robot per l'esplorazione) ovvero una stretta interazione tra robot ed esseri umani (robot di servizio). Il livello di complessità, l'incertezza e la variabilità dell'ambiente con cui il robot interagisce caratterizzano tali applicazioni, come evidenziato negli esempi che seguono.

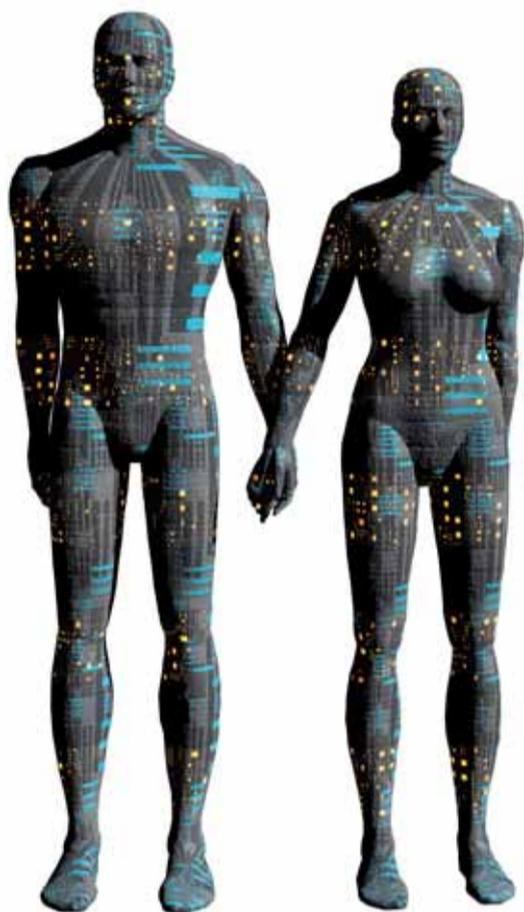
### ROBOT PER L'ESPLORAZIONE

Ci riferiamo al contesto di inviare, in posti dove l'uomo potrebbe difficilmente sopravvivere, o dove comunque ci sia un rischio non sostenibile, dei robot che svolgano compiti di esplorazione e riportino, tramite i sensori a bordo installati, le informazioni a noi utili. Una situazione tipica è quella dell'esplorazione di un vulcano, oppure interventi in zone contaminate da gas velenosi o radiazioni, oppure compiti di esplorazione sottomarina o spaziale. Come è ben noto, la NASA è riuscita a mandare su Marte alcuni robot mobili che sono stati in grado di navigare sul terreno marziano, tra sassi, colline e crepacci, e che, parzialmente guidati da terra, hanno

condotto un'esplorazione in maniera sufficientemente autonoma. Dei mini-robot sono stati usati l'11 settembre 2001 dopo il crollo delle torri gemelle per penetrare verticalmente nelle macerie alla ricerca di sopravvissuti. È chiaro che la piccola dimensione, e la capacità di aprirsi una strada da soli, giocano un ruolo determinante in questo caso. Analogo è lo scenario rappresentato da disastri causati da incendi in galleria o terremoti: in queste situazioni si ha sempre paura di ulteriori esplosioni o fughe di gas nocivo e quindi le squadre di soccorso composte da personale umano potrebbero essere coadiuvate da squadre di robot di salvataggio. Anche in campo



# Un nuovo obiettivo: muscoli pneumatici e tessili attivi



I brevetti nascono mettendo insieme componenti già conosciuti, realizzando da una loro adeguata integrazione un insieme unico che porti alla novità. Ricordando un vecchio esempio relativo alla maionese, è noto che nessuno degli elementi base: uovo, olio e sale, da solo o combinato in modo casuale, porta al risultato corretto; è solo l'integrazione preparata nel modo giusto che porta alla maionese.

La pneumatica è nota come una tecnologia dell'automazione, i prodotti tessili sono noti e usati sin da quando l'uomo ha cominciato a vestirsi con manufatti prodotti dal suo lavoro. L'insieme delle due tecnologie (pneumatica e tessile) porta a qualcosa di assolutamente nuovo e diverso, che inizia appena a far intravedere applicazioni di nuovo tipo.

I muscoli pneumatici sono il primo prodotto di questa unione. Sono dei motori lineari che svolgono la stessa funzionalità dei muscoli naturali. Sono basati su una camera elastica gonfiabile, che si contrae sviluppando una forza di trazione tutte le volte che viene riempita con aria compressa. Per ottenere il risultato è indispensabile l'uso di tessuti elastici impermeabili o resi tali con opportune camere elastiche.

I muscoli pneumatici applicati in un sistema automatico, costituiscono degli ottimi attuatori da inserire in modo non strutturato in un sistema, avendo come unico vincolo un solo punto di collegamento a due elementi a cui trasmettere la forza di trazione sviluppata.

Applicati ad organi di presa, gli attuatori pneumatici deformabili possono portare a dispositivi facilmente adattabili a oggetti di forma diversa e a un facile controllo della forza di bloccaggio, tramite il controllo della pressione.

Gli stessi muscoli collegati ad una stoffa possono permetterne la deformazione, provocando una contrazione, piuttosto che una estensione o altri movimenti. L'applicazione naturale è quella della realizzazione di materassi a camere deformabili per trattamenti antidecubito o a sedili deformabili per l'aumento del comfort.

Dalla applicazione delle camere deformabili a un secondo prodotto tessile, nasce l'idea di poter realizzare anche dei veri e

propri vestiti attivi, in grado di modificare il proprio assetto secondo le necessità del momento. L'obiettivo di un vestito attivo è quello di costituire una struttura deformabile, controllando l'ingresso e l'uscita di aria compressa in opportune camere che, quando viene indossato, permette di esercitare un'interazione con il portatore.

Tutto questo, naturalmente, è possibile collegando le camere dei muscoli a elettrovalvole di controllo e ad una unità di governo automatico.

I vestiti attivi possono costituire un valido mezzo di sussidio e di ausilio per persone che hanno bisogno di trattamenti terapeutici o di rimpiazzare o completare la funzionalità naturale. In processi di riabilitazione, conseguenti a traumi dovuti a incidenti o a determinati percorsi post operatori, l'uso di un vestito che può contrarsi o allentarsi permette l'esecuzione di massaggi, indispensabili per riabilitare arti e funzionalità varie o per favorire la circolazione, anche solo per superare la stanchezza conseguente a uno sforzo fisico.

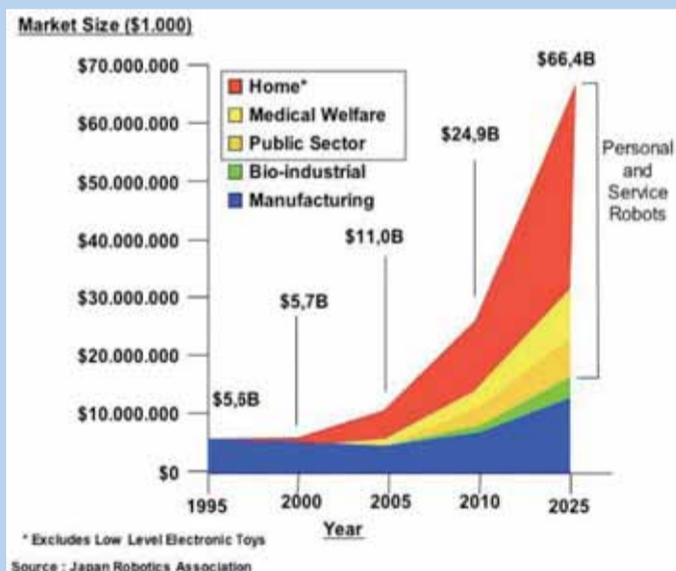
L'uso di questi vestiti, che dovrà essere gestita sotto guida medica, potrà integrare l'attività di fisioterapia che oggi viene svolta soprattutto direttamente, in modo manuale, da personale altamente specializzato, presso i centri di riabilitazione.

Questa tecnica dei vestiti attivi potrà consentire di effettuare esercizi da parte dei pazienti direttamente a casa propria, sotto la supervisione di personale di alta professionalità, che sarà reso disponibile per i trattamenti e le attività più impegnative, con vantaggi anche sul costo dei trattamenti stessi.

Gli stessi vestiti attivi potranno consentire di rimpiazzare l'attività naturale, permettendo, ad esempio, il movimento di un braccio o consentendo di amplificare la rotazione di una spalla.

L'automazione, la pneumatica e il tessile consentiranno nel prossimo futuro nuove applicazioni automatiche in ausilio a esigenze di trattamenti e per il miglioramento della qualità della vita.

Belforte Guido



militare, si impiegano aerei e missili intelligenti a guida autonoma, ovvero robot telecomandati dotati di telecamere per ispezionare edifici. Lo stesso "Grand Challenge" dell'ottobre scorso è stato finanziato dal Dipartimento della Difesa americana allo scopo di sviluppare veicoli autonomi in grado di portare armi e sensori senza rischiare vite umane.

## ROBOTICA DI SERVIZIO

Molti paesi, su tutti il Giappone, stanno investendo per creare il nuovo mercato dei robot di servizio che ci accompagneranno nella vita di tutti i giorni. Già oggi abbiamo robot aspirapolvere o tagliaerba, venduti (e prodotti) anche in Italia. La tecnologia è pronta per trasfor-

mare in prodotti commerciali i prototipi di ausili robotici per aumentare l'autonomia di cittadini anziani e diversamente abili nelle attività della vita quotidiana: dalle carrozzelle autonome e i sollevatori per la mobilità, agli imboccatori per l'alimentazione e ai manipolatori per consentire a tetraplegici di svolgere mansioni lavorative basate su compiti manuali. In prospettiva, al cameriere robotico tutt'altro che si contrappongono sistemi di assistenza integranti moduli robotici, interconnessi tra loro con servizi telematici per la gestione della casa (domotica).

Diversi sono i sistemi robotici di servizio impiegati nella medicina. Tra questi segnaliamo: i sistemi per la chirurgia assistita che sfrut-

tano l'elevata accuratezza del robot nel posizionare uno strumento (ad es. nell'impianto di una protesi d'anca), o ancora per la chirurgia minimamente invasiva (ad es. in cardiocirurgia) in cui il chirurgo tele-opera il robot da una stazione di comando separata dal tavolo operatorio, seduto davanti ad un computer e manovrando un'interfaccia aptica; i sistemi per la diagnostica e la chirurgia endoscopica, in cui piccoli robot teleguidati dal medico navigano nelle cavità del nostro corpo (ad es. nell'apparato digerente) trasmettendo immagini all'esterno o intervenendo in situ per biopsie, rilascio di farmaci o asportazione di formazioni neoplastiche; i sistemi per la riabilitazione motoria, in cui un paziente emiplegico indossa un esoscheletro, che interviene attivamente per sostenere e correggere i movimenti secondo una strategia programmata dal fisiatra.

Un'altra grossa fetta di mercato viene dall'intrattenimento dove i robot sono usati come compagni di giochi per i bambini e di vita per gli anziani (ad es. i robot umanoidi e zoomorfi dei giapponesi). È ragionevole prevedere che i robot di servizio verranno naturalmente integrati nella nostra società. Uno studio recente ha rivelato come il tasso di crescita annuo previsto per la robotica di servizio nel prossimo decennio sarà di ben il 400%. Così come vent'anni fa non facevamo caso alla presenza di un televisore, e oggi non facciamo quasi più caso alla presenza di un personal com-

puter nelle abitazioni, la tecnologia robotica diventerà sempre meno appariscente ma più pervasiva, realizzando così quel concetto di ubiquità della robotica di cui tanto si parla in ambito scientifico, al quale è dedicato il maggior convegno internazionale del settore <www.icra07.org> che si è tenuto per la prima volta in Italia lo scorso aprile.

## LA RICERCA

La robotica in Europa ha una solida tradizione in campo industriale. Basti pensare che dei circa 80.000 robot industriali installati nel mondo nel 2003, ben un terzo è stato prodotto in Europa; per contro, le aziende americane coprono solo il 16% del mercato, nonostante i primi robot furono realizzati proprio negli Stati Uniti a metà degli anni cinquanta. La principale novità in campo industriale riguarda la collaborazione tra robot e operaio, il quale impiega il robot come un vero e proprio assistente, insegnando i movimenti e le operazioni da eseguire in maniera semplice e intuitiva: un vero e proprio robot artigiano, in grado di adattarsi rapidamente a diversi tipi di lavorazione esibendo allo stesso tempo destrezza e accuratezza. L'altro settore strategico è dedicato al segmento della robotica di servizio. Le prospettive offerte dalle applicazioni in campo medico, dall'industria dell'intrattenimento e da quella alimentare sono solo alcune di quelle che contribuiranno rapidamente, di qui a

dieci anni, a realizzare un sorpasso del mercato della robotica di servizio nei confronti della robotica industriale. Il terzo e ultimo obiettivo riguarda il campo della sicurezza e le applicazioni spaziali: l'obiettivo è quello di aggregare gli sforzi di ricerca in corso nei vari Paesi europei, in modo da assicurare buona competitività all'industria del settore nei riguardi di quella statunitense.

Per avere un'idea dell'entità degli investimenti della ricerca in robotica, il Giappone da solo spende 100 milioni di euro all'anno, al pari di tutta l'Europa, e la Corea arriva a 80 milioni di euro. La situazione è un po' diversa in America, dove i 10 milioni di euro annui della ricerca di base diventano 250 milioni, grazie ai finanziamenti dei programmi spaziali e militari! Nel nostro paese, i ricercatori hanno dimostrato grandi capacità nel saper coniugare gli aspetti metodologici con quelli tecnologici della disciplina. Per contro, con una sottile vena polemica, in ambito industriale in Italia si fa ancora poca ricerca a confronto con gli altri paesi europei, e in generale si investe poco nella ricerca. Ciononostante, il nostro paese è all'avanguardia in diversi campi di ricerca in robotica; i nostri ricercatori sono noti e apprezzati a livello internazionale, particolarmente all'interno di IEEE Robotics and Automation Society (RAS) <www.ieee.org/ras>, la società attualmente da me presieduta che riunisce più di 6000 affiliati tra il mondo accademico e quello industriale.