

Cosa è un Sistema Esperto

Dopo l'esposizione, la volta passata, delle aree d'interesse dei sistemi esperti e dopo aver girovagato nelle varie sfere di competenza, è giunto il momento di parlare in particolare di qualche sistema presente sul mercato, che assume, nel surreale mondo dell'Intelligenza Artificiale, importanza per essere stato un precursore, un polo di paragone, o una realizzazione avanzata e interessante. Di Sistemi Esperti presenti sul mercato ce ne sono molti; per primo consentitemi di parlare di uno che ho avuto modo di vedere all'opera e a cui sono affezionato non fosse altro perché oltre ad avere valore e funzione storica (nonostante la particolarità della disciplina che investe è stato uno dei primi a essere sviluppato), affronta argomenti che mi sono congeniali per la mia professione. Ma non è tutto, parleremo, successivamente, di ROSIE, un ambiente di programmazione per SE, ROSS un linguaggio object oriented adatto per simulazioni, TATR un prototipo per gestire tattica aerea, DEC un sistema esperto per combattere il terrorismo internazionale, e se avremo il tempo e l'occasione, di una realizzazione di casa nostra, destinata alla pianificazione territoriale di una regione. Ma avremo tempo per questo

Oggi parleremo di Prospector, un vecchio sistema esperto messo a punto dall'Istituto di ricerca Stanford, e destinato ad assistere una équipe di geologi nella ricerca di depositi di minerali. Si tratta della prima realizzazione in tal senso, e forse a causa della relativamente modesta indeterminazione delle problematiche affrontate funzionò, fin dall'inizio, abbastanza bene e, con un occhio anche al fatto economico, portò ai realizzatori un discreto ritorno finanziario e al committente lusinghieri successi, in fatto di risultati (Duda, Hart, Nilsson, Barret, Gaschnig, Konolige, Reboh, e Slocum - Development of the Prospector consultation system for mineral exploration. SRI Report, Stanford Research Institute, 333 Ravenswood Avenue, Menlo Park, CA, 10/78).

L'idea di Prospector nacque nel 1974 e il suo sviluppo durò, a varie riprese, fino al 1983. Durante le varie fasi del progetto nove diversi professionisti, esperti nelle ricerche di minerali, fornirono il loro contributo ad uno staff particolarmente ampio e articolato di ingegneri della conoscenza e di programmatori. La qualità di lavoro può essere mediamente valutata in 30 persone-anno, cosa che ha portato alla fine alla realizzazione di un prodotto di grande qualità, in certi termini ineguagliato. Lo sforzo molto articolato che si dovette intraprendere fu motivato da diverse ragioni; Prospector fu sviluppato direttamente in Interlisp, un linguaggio di livello relativamente basso, che ovviamente impose uno sforzo programmatico non comune; fu necessario e ritenuto fondamentale sviluppare un sofisticato package di supporto destinato a funzionare da coadiutore per le facility di acquisizione e sviluppo di conoscenza; e infine, cosa non da poco, il sistema aveva bisogno di una estesissima base di conoscenza. Prospector non è quello che si suol dire un peso piuma; esso contiene più di 1000 regole, e usa una tassonomia di termini geologici con più di 1200 elementi.

Richard Duda, uno dei maggiori contributori al progetto, descrive il funzionamento del sistema in questo modo:

Un geologo esegue una serie di os-

servazioni sull'area destinata a più approfondito studio (strutture geologiche, stratificazione, tipi di rocce, materiali, minerali, e prodotti di alterazione presenti e prevedibili). Questa osservazione, vera chiave di volta per la soluzione del problema, viene confrontata con vari modelli di depositi, evidenziando le analogie, le differenze e le informazioni mancanti. Il programma, a questo punto interviene ponendo al geologo una serie di domande destinate ad acquisire nuove rilevanti informazioni e si serve di queste (e del modello in possesso) per inquadrare le possibili caratteristiche del giacimento presente.

La stessa versione di Prospector ha una base di conoscenza con almeno tre classi diverse di depositi di minerali. Queste informazioni sono organizzate in tre «modelli» di conoscenza; uno per descrivere depositi di solfati, uno per depositi di piombo-zinco e il terzo per depositi di rame. Ogni modello contiene regole combinate in reti semantiche, come vedremo tra poco.

La struttura di funzionamento di Prospector è mostrata nelle figure allegate; c'è da dire che esso fu contemporaneamente un interessante e efficiente esempio di SE; interessante da un punto di AI perché per la prima volta furono combinate in maniera così ampia rappresentazioni di conoscenza articolate da una parte su reti semantiche, dall'altra su un motore inferenziale ben articolato su una estesa rete di regole; efficiente perché, dal punto di vista scientifico e economico dimostrò di saper fornire valutazioni di notevole qualità. La fase iniziale di test, che si basò, come prevedibile, sull'analisi di informazioni relative a giacimenti già conosciuti, mostrò che il programma era capace di predire accuratamente la presenza e la dislocazione di depositi di minerali con un errore massimo del 18%.

Il sistema, sebbene avesse mostrato eccellenti risposte già nella fase di sperimentazione su dati certi, fu sottoposto ad una prova per così dire sul campo, inserendo certe informazioni circa un deposito di minerali e verificando poi l'esattezza delle risposte. Il test fu eseguito nel 1980 valutando una serie di

dati realtivi ad un'area vicino a monte Tolman, solo parzialmente esplorata nella regione orientale dello stato di Washington. Prospector analizzò i dati geologici, geofisici e geochimici relativi alla regione e predisse la presenza di un filone di molibdenite in un determinato punto. Perforazioni successive, eseguite da una compagnia mineraria, confermarono non solo i siti mineraliferi, ma anche quelli sterili; non poteva esserci migliore conferma dell'efficacia del sistema.

Lasciamo per un momento la descrizione dei sistemi esperti, per affacciarci in un'area, per così dire, di servizi. Dopo quanto detto circa Prospector (e dopo quanto si dirà successivamente), viene spontanea la domanda: come si sviluppa un grosso Sistema Esperto?

La risposta non è semplice; indipendentemente da quanto diciamo in altre pagine della rivista, occorre tener conto che Prolog è un linguaggio piuttosto recente; inoltre si tratta davvero del primo passo verso l'AI, ma per costruire un Sistema Esperto non basta disporre di un linguaggio, ma occorre un vero e proprio ambiente, cosa che tool come Turbo Prolog certo non possono fornire. Nel 1979 fu iniziata la messa a punto di ROSIE un linguaggio di ingegneria della conoscenza specificatamente realizzato per costruire SE. ROSIE era la naturale evoluzione di RITA, un linguaggio sviluppato precedentemente dalla Rand Corporation. La sua peculiarità, che lo rende unico, è la possibilità messa a disposizione del programmatore di descrivere complesse relazioni in maniera abbastanza semplificata, e di manipolare tali relazioni simbolicamente e deduttivamente. Inoltre ROSIE fornisce un ambiente interattivo, compilato, e mette a disposizione una articolata messe di tool di programmazione e debug.

Due cose rendono ROSIE particolare; il fatto che la sintassi del linguaggio consente all'utente di scrivere codici che somigliano molto da vicino a fasi della lingua inglese: il risultato è una o più pagine «leggibili» nelle quali idee anche complesse sono poste sotto una forma per lo meno più familiare, (questa caratteristica fu imposta fin dall'inizio,

per ridurre i problemi di redazione e mappatura delle regole formali incorporate nel programma). La seconda cosa è che ROSIE utilizza due potenti tool di programmazione; la modellazione basata su regole e il calcolo orientato alla procedura. Combinando questi due metodi il programmatore può definire procedure, chiamate blocchi di regole («ruleset») ognuno contenente regole che chiamano altri blocchi. In questo ROSIE produce programmi che risultano organizzati in maniera abbastanza simile a

quelli prodotti in LISP, vale a dire come gruppi di funzioni o subroutine nidificate.

ROSIE (acronimo di Rule Oriented System for Implementing Expertise) usa, come dicevamo una sintassi molto simile a quella della lingua inglese per rappresentare fatti e regole. Una persona anche non proprio specializzata in programmazione potrà leggere un codice redatto con ROSIE e almeno comprendere a che cosa è destinato. Il principio in base al quale fu imposta

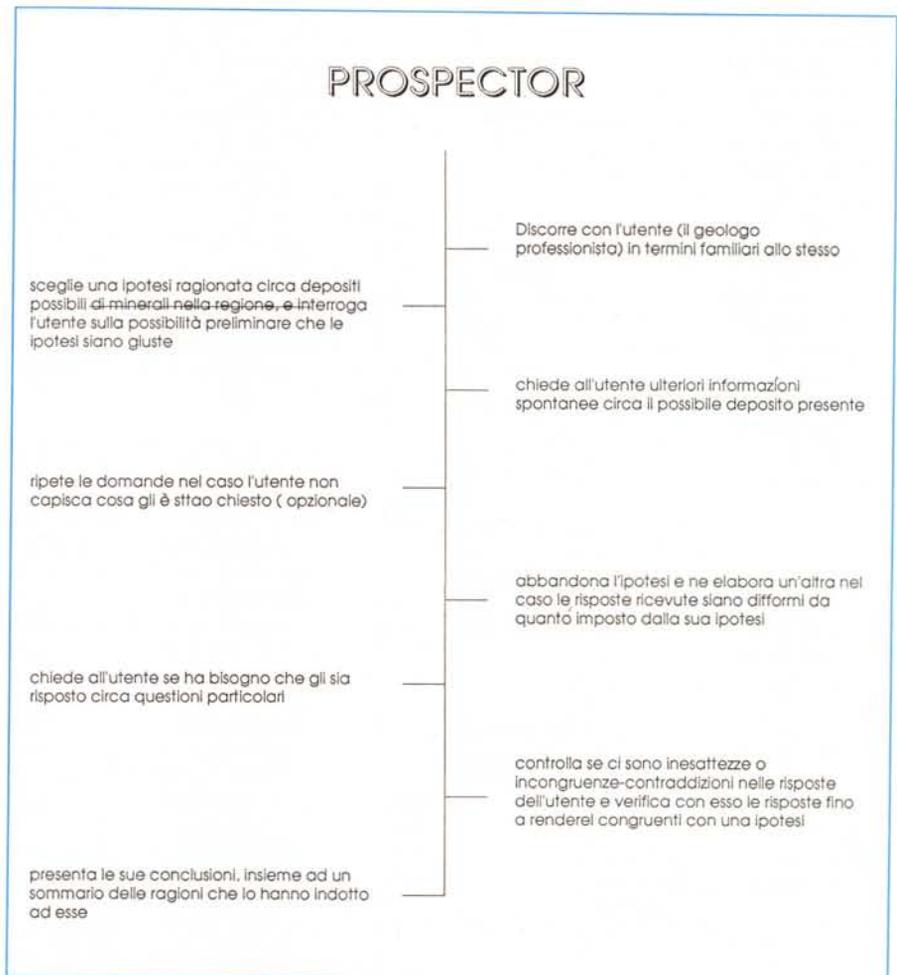


Figura a - La struttura di funzionamento del Sistema Esperto Prospector.

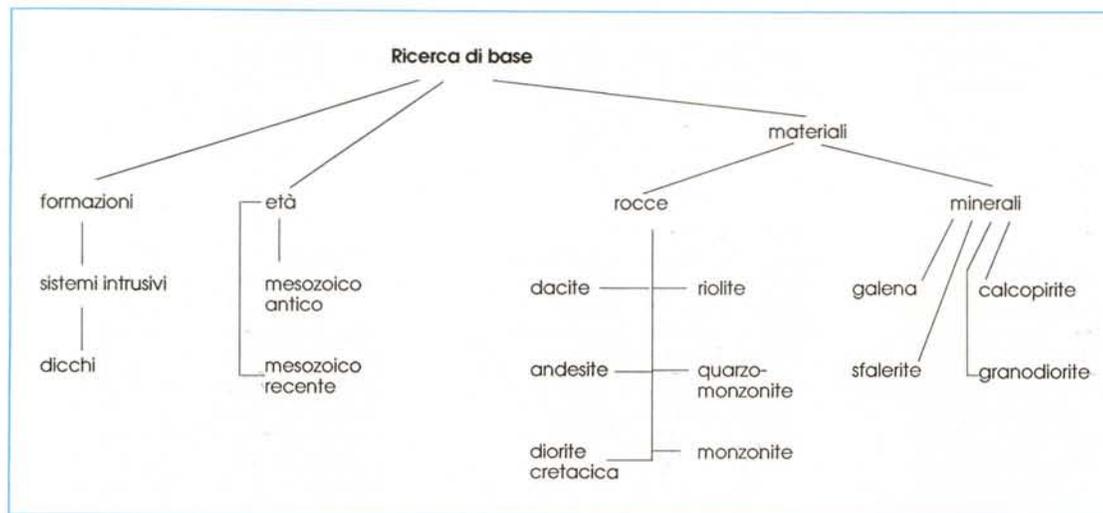


Figura b
Una parziale
struttura tassonomica
dei termini di
Prospector (da
Waterman, opera
citata).

questa corrispondenza parti dall'osservazione e dall'assunto che un set ristretto di regole della lingua parlata permette di manipolare e codificare in maniera abbastanza efficace ed efficiente un'ampia area di soggetti (domini) da leggere, interpretare, e nello stesso tempo conserva una struttura sufficientemente formale da poter essere interpretata da un computer.

Parlare di linguaggi english-like non vuol dire, ovviamente, implementare strutture tipiche della lingua inglese; è sufficiente creare un gergo, abbastanza rigido nella struttura ma elastico nell'uso, tanto da poter essere non franteso dalla macchina. Un esempio finale di regola, redatta con ROSIE potrebbe essere la seguente:

[REGOLA A: RICERCA DELL'EVENTO RESPONSABILE DELLA FERMATA DI UN'AUTO]

IF l'auto si è spenta e non è stato possibile più riaccenderla
e la temperatura dell'acqua è salita continuamente
e il motore non gira neppure con l'avviamento
e il livello dell'olio è basso

THEN il motore è grippato.

La forma di base delle regole di ROSIE [IF condizione, azione] viene comunemente definita come regola descrittiva (si confronti quanto abbiamo diverse volte detto nella rubrica dedicata al Prolog) che, si badi la sottigliezza dell'argomento, lavora in base a circostanze, più che a fatti. I fatti vengono in questo caso definiti come conoscenza descrittiva.

ROSIE fu realizzato per costruire sistemi che ragionano simbolicamente.

Molti sistemi agiscono su parti di conoscenza o esperienza che, normalmente si associa con aspetti umani. Gli esperti umani conoscono fatti, asserzioni, sulla loro area di esperienza (medicina, architettura, geologia) e conoscono regole e inferenze che consentono di muoversi nel dominio di conoscenza specifico. Le regole inferenziali (si confronti lo stesso articolo nel numero 1/90) non sempre, comunque, permettono di giungere a risposte corrette. Come dicemmo appunto nel numero della rivista citato esse non si basano su algoritmi formali, ma su regole euristiche, regole guidate da opportuni processi di ragionamento. È da questo «ambiente» che proviene il concetto e il costrutto di un Sistema Esperto.

I sistemi basati su regole, come ROSIE appunto, forniscono una appropriata metodologia per l'implementazione dei Sistemi Esperti. Le regole sono formalismi naturali destinati a catturare e guidare la conoscenza, avendo inoltre una adeguata flessibilità per consentire uno sviluppo di essa. A seconda del mutare di un problema, un sistema basato su regole può essere facilmente modificato o esteso, mentre un programma tradizionale richiede, nella maggior parte dei casi, una drastica ristrutturazione per adeguarsi alle nuove esigenze. Ad esempio, se un meccanico ha bisogno di aggiungere nuove regole al suo Sistema Esperto per la diagnosi della fusione dei motori, magari applicati a un motore rotativo Wankel, deve solo estendere il suo Sistema Esperto per accettare nuove diagnostiche (ad esempio, soffio allo scarico e all'aspirazione).

I Sistemi Esperti basati su regole ge-

neralmente contengono tre componenti principali (e una serie di accessori):

- un database di fatti e asserzioni relativo ad un dato soggetto;
- una serie di regole redatte nella forma descritta in precedenza;
- un motore inferenziale (detto talvolta anche monitor), che applica le regole con il conforto dei dati del database. Un motore inferenziale serve anche a verificare se due o più regole possono interferire, e comunque, sempre in base a scelte euristiche, determina quale è la esatta regola da scegliere.

ROSIE supporta tutte e tre le componenti appena descritte. Asserzioni o dinieghi modificano il database dei fatti, in base ai blocchi di regole predefiniti. ROSIE fornisce inoltre tre tipi diversi di motore inferenziale; sequenziale, ciclico e random. Ma consente in ogni caso, in mano a un buon ingegnere della conoscenza, di realizzare motori ad hoc, secondo determinate specifiche. Questa libertà d'azione permette di rendere la base di conoscenza molto flessibile, in modo da creare strategie di controllo personalizzate, ricerca di conseguenze (mettendo insieme fatti e conoscenze del database) con il metodo dell'aggancio avanti o indietro (in gergo «forward chaining» e «backward chaining»). Non solo, ma proprio per evidenziare la potenza di tale rete, è possibile combinare insieme tutte queste caratteristiche per il miglior risultato.

Anche stavolta terminiamo la nostra carrellata su Sistemi Esperti: ma siamo solo agli inizi; anche nella prossima parleremo di ROSIE, per vedere, nei particolari come fu strutturato e come, su di essa, si basarono altri SE famosi.

**IMPORTAZIONE
DIRETTA**

linea

GVH
computer

PREZZI INGROSSO

SERVIZIO CASH CARRY EXPRESS

NUOVI COMPUTER COMPATIBILI GVH - ULTIMI ARRIVI!



**PRODOTTI
GARANTITI
DA GVH**



In versione mini Tower: **MT 12** *A vostra scelta!*

oppure in versione Desk Top: **DT 12**

Main board Mini Size CUP 80286/12 MHz ∅ WS Bios AMI Zoccolo per 80287 6 slot a 16 bit+1 slot a 8 bit Clock a 12 MHz ∅ WS

- * RAM installate=1M byte
- * Scheda video doppia frequenza CGA+HGA
- * Uscita parallela+seriale RS 232
- * Scheda controller IDE per HD+FD
- * Floppy drive da 1,44M 3,5" Japan
- * Hard disk 40 Mb 28 mS
- * Involucro metallico tipo mini Tower da tavolo oppure Desk top
- * Alimentatore switch 200 W
- * Tastiera estesa 101 tasti italiana
- * Monitor 14" monocromatico base swivel fosfori bianchi. Bifreq.

Il tutto montato e collaudato da GVH comprese spese di spedizione: **L. 1.950.000**

- OPZIONI:** A) Stesse caratteristiche come sopra descritte ma con scheda video VGA 640x480 16 bit 256 K e Monitor VGA monocromatico Philips aggiungere **L. 250.000**
- B) Scheda video VGA 640x480 16 bit 256 K e Monitor VGA a colori Philips o Hyundai aggiungere **L. 650.000**

PERIFERICHE

STAMPANTI

NEC P2 Plus	L. 630.000
NEC P6 Plus	L. 1.150.000
STAR LC 10	L. 360.000
STAR LC 24/10	L. 550.000
STAR LC 15	L. 680.000
Panasonic KX 1180	L. 390.000
Panasonic KX 1124	L. 640.000

MONITOR

CASPER TM 5157 Multisync	
colore 0,31	L. 980.000
CASPER GM 1489D	
Bifrequenza	L. 190.000

FLOPPY DISK

NO NAME scatole da 10 pezzi con accessori - 100 pezzi minimo -	
1,44 Mb HDD 3,5"	L. 2.400
1,2 Mb HD 5 1/4"	L. 1.000

Altri modelli pronti a stock

Sempre disponibili:
Hard disk 20-200 Mb
Floppy drive
Hard disk removibili Syquest per MAC

TOWER 386

Computer 386/32 bit con CPU a 25 MHz e Main Board MYCOMP certificata. RAM installate 2 Mbyte SIMM 70 mS Scheda video doppia freq. CGA+HGA

- Uscite 2 parallele + 2 seriali
- Controller AT bus per FD+HD Western Digital
- Floppy Drive 1,2 Mbyte 5" 1/4
- Floppy Drive 1,44 Mb 3,5"
- HD 40 M byte 28 mS Western Digital
- Involucro Tower da pavimento
- Alimentatore switch 200 W
- Tastiera estesa 101 tasti italiana
- Monitor 14" monocromatico fosfori bianchi base swivel

Il tutto montato collaudato garantito GVH
compreso spese di trasporto **L. 3.950.000**
(fotografie del sistema a richiesta)

SPEDIZIONI IN CONTRASSEGNO (contanti alla consegna)

TUTTI I PREZZI + IVA 19%

Per l'Italia: **Gianni Vecchiotti GVH**
Bologna - Via Selva Pescarola, 12/8 - Tel. 051/6346181
Per Forlì: Player - Via F.lli Valpiani 6/A - Tel. 31323

Per Bologna: La Bottega Elettronica - Via S. Pio V° 5 - Tel. 550761
Per Mantova: RED Telematica - Via Pilla, 29/A - Tel. 381159
Per Modena: Elec. Center - Via Malagoli, 36 - Tel. 210512
Per Trieste: DUAL SOFT - Via Valdirivo, 40/E - Tel. 631226

Inviatemi questo COUPON, vi iscriveremo GRATUITAMENTE nella
ns. MAILING LIST. Verrete automaticamente informati
su tutte le ns. ultime novità.

nome _____
cognome _____
via _____
città _____
CAP _____