

# Appunti di intelligenza artificiale

Guida ad una antica questione e ad una nuova disciplina.

*Come può l'onnicomprensiva logica, specchio del mondo, usar uncini e manipolazioni così speciali? Solo perché essi si contengono tutti in un reticolato infinitamente fine, il grande specchio.*

L. Wittgenstein, Tractatus 5.511

*Per quanto a un intelletto limitato si possano somministrare e, per così dire, innestare in grande abbondanza regole tolte dalla scienza altrui, la capacità tuttavia di servirne rettamente deve appartenere allo stesso scolaro; e non c'è regola che si possa suggerire a tale scopo, la quale, in mancanza d'un tal dono di natura, sia sicura dall'abuso. Quindi un medico, un giudice, un uomo di Stato può avere nella testa molte belle regole patologiche, giuridiche, politiche, tanto da poterne essere egli stesso un profondo maestro, e tuttavia nell'applicazione sbagliare facilmente, o perché comprenda bensì l'universale in abstracto, ma non sappia decidere se un caso particolare in concreto vi rientri, o anche per non essere stato sufficientemente indirizzato a un tal giudizio mediante esempi e casi pratici.*

E. Kant, Critica della Ragion Pura

Anche se la parte più spettacolare e suggestiva delle applicazioni di Ia appartiene ancora ad aree di alta specializzazione, quali la robotica, il riconoscimento del parlato o l'interpretazione delle immagini, vi sono altri aspetti applicativi alla portata di un'utenza molto più vasta, perfettamente integrabili con l'uso ordinario del computer senza la necessità di rischiosi investimenti a lungo termine. Oltre ai sistemi esperti, che costituiscono il tema fondamentale di questo sesto e conclusivo intervento, occorrerà ricordare l'impatto dell'Ia sulla ingegneria del software e sull'informatica in generale.

## Ingegneria e/o intelligenza

L'aggressività nasconde sempre una buona dose di timore reverenziale: le roventi accuse reciproche tra Ia e ingegneria del software costituiscono il più chiaro riconoscimento del valore dell'avversario polemico, rivelando nel contempo una diversità di impostazione forse inconciliabile. L'ingegneria del software si è assunta il compito titanico

## Ia distribuita e sistemi esperti

di mettere ordine nella produzione e soprattutto nella manutenzione del software, la cui espansione incontrollata sembra sull'orlo di una crisi di proporzioni imprevedibili. L'ancora di salvezza ruota intorno al concetto di «specifica funzionale»: se il problema da implementare viene rigorosamente e completamente specificato senza ambiguità, prima di scrivere o di correggere una sola riga di codice, da un lato l'analista può sperare di mantenere sotto controllo ciò che il programma realmente fa, e dall'altro il programmatore ha un riferimento sicuro per codificare, provare e mettere a punto una adeguata traduzione in linguaggio compilabile. Questa struttura logica di principio, che è anche una parcellizzazione dei compiti e una divisione del lavoro, permarrà al di là delle innumerevoli difficoltà pratiche, che comprendono problemi di comunicazione, imprecisioni nelle specifiche, banchi di implementazione, e soprattutto ricerca frettolosa del risultato pratico (saltando così passi fondamentali e rendendo rapidamente obsoleta e inefficace la famosa «specifica»). In altre parole, l'ingegneria del software sarebbe realmente la panacea per tutti i mali, se soltanto venisse applicata fino in fondo; quando fallisce, è perché qualcuno non ha rispettato le consegne ricevute (da cui l'immane «caccia al colpevole»). Quando la fiducia nel metodo stabilito viene interiorizzata oltre un certo limite e la divisione dei compiti raggiunge un adeguato livello di burocratizzazione, la possibilità stessa del fallimento viene completamente esorcizzata: se l'utente si lamenta, è perché non è sufficientemente addestrato, o non ha capito il suo problema, o semplicemente ha bisogno di altro software ancora

più specifico e particolareggiato. Il mondo non si adatta al programma? Tanto peggio per il mondo.

L'ingegneria del software assurde in questo modo a codice morale, a imperativo categorico: l'importante è avere dei rigidi principi, e seguirli a qualsiasi costo; al limite, l'autorità preposta potrà aggiungerne di nuovi, od anche convertirsi ad un sistema alternativo, il peccato mortale consistendo nell'anarchia e nel libero pensiero. È evidente che questa disperata rincorsa al maligno che si annida nell'animo dell'analista e del programmatore vede come fumo negli occhi l'assunto dell'Ia che vi sono problemi che non ammettono specifiche funzionali vere e proprie e che si possono affrontare con successo solo evitando accuratamente di definirle. In questa maniera non si raggiunge forse la soluzione completa, anche perché non c'è modo di sapere quando la si è colta o quanto si è ancora lontani, ma nondimeno si può migliorare l'esecuzione complessiva del compito, per esempio riducendo il tempo globale o migliorando la redditività del servizio. Per tutto il ciclo di vita del software di Ia, il metro dell'efficacia resta la soddisfazione dell'utente e la migliore gestibilità dei problemi che emergono dal mondo reale.

## Una ovvietà e un paradosso

Uno spirito più conciliante, o semplicemente un intento più commerciale, porterebbe a delineare una rappresentazione meno antitetica del confronto in atto. Dopo tutto, anche il software di Ia raggiunge spesso un alto livello di ingegnerizzazione, per esempio sotto forma di sistemi di sviluppo generalizzati, di shell per sistemi esperti, di linguaggi con rigorose specifiche formali. La definizione di figure professionali quali l'ingegnere della conoscenza o la ricerca di metodologie più consistenti del semplice procedere per approssimazioni successive indicano per lo me-

no il riconoscimento di una reale difficoltà a condurre progetti pratici di Ia in assenza di metodi efficaci. Nello stesso tempo, l'evoluzione della ingegneria del software verso una maggiore integrazione del ciclo esigenze-specifiche programmi, riducendo la parcellizzazione del lavoro e la conseguente distanza tra problema reale e operatività a computer, manifesta il bisogno di una maggiore elasticità e di una più pronta reattività ai mutamenti delle esigenze dell'utente. Una prima forma di composizione avviene per forza di cose con l'integrazione del software di Ia nel software tradizionale, per esempio individuando nel flusso di dati alcuni punti critici, fino ad ora affidati ad interventi «manuali», in cui far intervenire sistemi di assistenza alle decisioni o interfacce basate su conoscenze specifiche e metacoscienze sull'analisi del problema. Una seconda forma di collaborazione discende dal distinguere problemi tipici di procedure gestionali da questioni meglio affrontate da sistemi di Ia; in questo caso si lavora per vie parallele e indipendenti, definendo volta per volta, anche a posteriori, le interfacce di comunicazione e di condivisione dei dati, come tra normali procedure Edp.

Un caso a parte è dato dall'uso dell'Ia all'interno del processo dell'ingegneria del software. Anche se si tende a confondere l'ingegneria del software col Case, cioè con l'ingegneria del software sviluppata a sua volta con procedure a computer, è bene precisare che quella è condizione di questa, e come tale l'ha notevolmente preceduta nel tempo. Essendo essenzialmente un metodo, l'ingegneria del software si è giovata di qualsiasi supporto utile: disegni, schemi, flow-chart, testi, commenti a programmi. È stato sempre fonte di ironia (probabilmente molto istruttiva) il fatto che il mondo Edp abbia teso ad automatizzare le altre attività aziendali molto prima e molto più a fondo di quanto si sia volto ad automatizzare le proprie. Comunque sia, quando disegni, testi, commenti e programmi si sono trovati a risiedere sulla stessa macchina, il problema di una loro trattazione sistematica e interdipendente è

risultato ineludibile. Senonché, l'affermarsi dei Case più evoluti, che sono in fondo procedure Edp per facilitare lo sviluppo di... altre procedure Edp, sta riorganizzando e ridefinendo le metodologie dell'ingegneria del software. La distinzione di principio tra analista e programmatore è svanita, convertendosi tutt'al più in differenti responsabilità sui vari livelli del progetto; gli analisti si specializzano sempre più sul problema utente e sempre meno sono obbligati ad addentrarsi in questioni di sistema o di implementazione. Con l'inserimento di moduli intelligenti che suggeriscono la metodologia da adottare, la sequenza delle verifiche o l'opportuna successione delle fasi di progetto, l'ingegnere del software assume il ruolo di esperto di organizzazione aziendale e di utente di Case evoluti.

In proporzione al successo del software di Ia e dei sistemi esperti nell'ambito del Case, non vi è più una specifica richiesta di competenze professionali di software engineering: la maturità dell'ingegneria del software, coniugata all'intelligenza artificiale, sembra coincidere con la sua stessa estinzione. Questo in un certo senso spiega, anche se non giustifica, il prolungarsi indeterminato delle esitazioni sul mercato del Case, in attesa del prodotto definitivo che assorba in sé e azzeri l'attività specifica di produzione di software applicativo. In conclusione, l'Ia fatica a imporsi perché non rientra nel quadro organizzativo e metodologico dell'ingegnerizzazione del software; man mano

però che si diffonde, rende inutilmente dispendioso il mantenimento di quell'apparato e dei suoi approcci rituali.

## I sistemi esperti

Anche se gli hacker dell'intelligenza artificiale hanno ripudiato come puramente applicativa la linea cadetta dei sistemi esperti, la parentela con le ricerche e i problemi dell'Ia classica resta innegabile. Nella sua struttura di principio, un sistema esperto ha un comportamento non deterministico, nel senso che il programma «decide» la propria strategia di soluzione in base alle connessioni logiche delle conoscenze introdotte e non attraverso una sequenza di passi stabiliti a priori. Inoltre, un sistema esperto non elabora dati e informazioni, ma tratta esplicitamente conoscenze generali, regole di azione e criteri di decisione. «Un sistema esperto racchiude la conoscenza di uno o più esperti in un determinato settore. Anche se il settore è molto complesso, è possibile con un sistema esperto ottenere lo stesso risultato di un esperto posto di fronte allo stesso problema. Avere un sistema esperto a propria disposizione non renderà nessuno un esperto, ma metterà chiunque in grado di svolgere una parte, o forse tutto, del lavoro dell'introvabile esperto» (Louis E.Frenzel, Capire i Sistemi Esperti, Milano 1988). Perciò un sistema esperto rientra a buon diritto tra i prodotti di intelligenza artificiale, anche a prescindere dalla filiazione diretta da pro-



grammi storici quali il General Problem Solver, Dendral, Macsyma o Mycin; le stesse applicazioni mantengono un valore sperimentale e innovativo, rivelando quanta parte dell'attività professionale più avanzata può essere ricostruita e dipanata su un supporto relativamente lineare e trasparente. Questo genere indiretto di lavoro di ricerca va a tutto vantaggio del ricercatore impegnato sui problemi di frontiera, perché esemplifica nei fatti un'idea che va ormai affermandosi: il segreto dell'intelligenza non risiede in algoritmi o in processi di pensiero quanto mai complessi e «profondi», ma piuttosto nella quantità e varietà di schemi curistici, di comportamenti ad hoc, di conoscenze anche provvisorie e ipotetiche. Il fatto che lo schema interpretativo adottato da un sistema esperto sia spesso elementare e troppo semplice per pretendere di confrontarsi col «mistero» dell'intelligenza umana non parla a sfavore della sua efficacia, quanto piuttosto dell'idea che ogni attività di alto livello debba per forza impegnare doti ineffabili e di raffinato ingegno. Il sistema esperto sgombra per così dire il campo da tutta una serie di equivoci sulle prestazioni «intelligenti», fornendo un saggio delle sorprese che il procedere dell'ia potrà riservare.

### Omne ignotum pro magnifico

Nessun illusionista è disposto a spiegare i trucchi del mestiere, in omaggio al fatto che sempre il mistero o la semplice ignoranza fanno gridare al miracolo e al sublime. Ma non è ragionevole nemmeno l'atteggiamento opposto, e ad esso complementare, per cui la comprensione di un evento lo renda insignificante e di scarso interesse. Un mondo senza miracoli è altrettanto ricco e degno di attenzione; chi preferisce il mistero esprime il proprio bisogno psicologico, non una reale impossibilità a fornire spiegazioni comprensibili. La relativa semplicità di funzionamento di un sistema esperto non lo rende di per sé più distante dal terreno del ragionamento intelligente; capire il suo apparato strumentale è un primo passo nella giusta direzione, che insegna

quanto lontano può portare l'applicazione ingegnosa di strategie elementari. Il nucleo attivo di un sistema esperto è costituito dal motore inferenziale, un programma in grado di interpretare la base di conoscenze, individuare le connessioni logiche e utilizzarle per soddisfare agli obiettivi proposti durante la consultazione. In un sistema a regole di produzione, non ha importanza l'ordine e il metodo con cui i singoli criteri

sono stati introdotti: è il motore inferenziale a ritrovare le regole utilizzabili a partire dai fatti del caso in esame (metodo «forward», in avanti), oppure pertinenti allo scopo che si sta perseguendo (strategia «backward», all'indietro). In ambedue i casi, il motore inferenziale costruisce il programma di soluzione pescando opportunamente nel serbatoio di regole disponibili; la base di conoscenze fornisce materiale

## I sistemi esperti e l'istruttoria tecnica comunale

È inusuale, a livello comunale o sovramunicipale, imbattersi in applicazioni informatiche che siano realmente di aiuto pratico alla gestione del processo istruttorio edilizio/urbanistico. Ciò in considerazione della variegata realtà normativa e, soprattutto, dell'enorme mole (sproporzionata allo scopo) di provvedimenti statali, regionali e comunali interessanti più o meno direttamente il processo edilizio, emanati in continuazione, con scopi diversi e con sovrapposizione di interessi e competenze, senza il minimo sforzo di coordinamento. Questa confusione ha poi di fatto reso possibili le più svariate interpretazioni normative, aprendo la strada sia a operazioni speculative che a risposte in generale non uniformi delle amministrazioni alla richiesta edilizia, le quali hanno incrementato la sfiducia del cittadino nelle istituzioni. L'istruttoria tecnica, in tale contesto, mal si adatta quindi a quella metodologia sistematica, formale e scientifica che, invece, è stato finora il più naturale approccio della scienza informatica tradizionale.

### La realtà comunale

L'istruttoria dell'atto amministrativo di trasformazione territoriale (il «piano particolareggiato» e la «concessione edilizia») è stato affrontato finora su due fronti:

a) approccio cartografico (problema e soluzione di natura scientifica) in quanto conoscenza di base indispensabile all'istruttoria. Tale approccio, per quanto utile ed efficiente, non risponde però che

a una minima parte delle competenze necessarie;

b) approccio normativo (con eventuali timidi tentativi di collegamento col punto a). Le applicazioni presenti sul mercato, se pur pregevoli, si limitano alla consultazione di «database» normativi anche di dimensioni ragguardevoli ma comunque mai completi anche solo rispetto alla totalità delle norme e la cui consultazione fornisce in genere, e paradossalmente, troppe risposte ad un'unica domanda.

Per quanto è a mia conoscenza, e come conseguenza di quanto detto, nessun Comune utilizza infatti in maniera sistematica e proficua applicazioni informatiche per l'istruttoria tecnica. Tutti i Comuni utilizzano, invece, la risorsa «professionalità e buon senso del tecnico addetto», intesa come capacità umana di sintesi pratica delle conoscenze necessarie al raggiungimento dello scopo, in tempi ragionevoli. Ma la Legge, giustamente, impone l'uniformità di comportamento tipica del processo scientifico/tecnologico e non la variabilità tipica del responso professionale. Non è ammissibile infatti (come lo è invece per l'Avvocato, il Giudice, il Medico) che la valutazione e l'esito dipendano dalla professionalità del tecnico istruttore. È invece richiesto (come per lo Scienziato nel laboratorio di ricerca) che a uguali richieste corrispondano sempre e comunque le stesse risposte. La Legge richiede, quindi, un comportamento deterministico, ma senza preoccuparsi di codificare le procedure scientifiche indispensabili al raggiungimento dello scopo. Da questa dicotomia insanabile, che va ad aggiungersi e ad esaltare gli effetti della già non chiara definizione legislativa generale in materia, dipendono in larga parte da un lato le liti dei cittadini con le amministrazioni che hanno alimentato in maniera cospicua le cause nelle aule di

per un numero amplissimo di programmi virtuali, a seconda della specifica configurazione di fatti e obiettivi di ciascuna consultazione effettiva. L'altra componente fondamentale del sistema esperto, la «base di conoscenze», fornisce concretezza e contenuto alle capacità elaborative del sistema, rappresentando in modo statico e parcellizzato i fatti che si intendono trattare e le loro relazioni reciproche. Ele-

mento costitutivo possono essere semplici frasi in italiano, od anche oggetti molto più complessi, con variabili, attributi, gerarchie discendenti e ascendenti, ereditarietà e verifiche procedurali; come nella programmazione ad oggetti, l'esplorazione o la acquisizione di un «fatto» può scatenare di per sé tutta una serie di elaborazioni e di conseguenze dirette e indirette. Nella sua forma più elementare, comunque, la

base di conoscenza si limita a raccogliere le regole del sistema esperto, tipiche del settore di competenza affrontato; tramite l'interfaccia di sviluppo, l'ingegnere della conoscenza e l'esperto umano ampliano e correggono le conoscenze del sistema in modo formalmente non dissimile dal caricamento di una banca dati tradizionale. In fase di consultazione, che naturalmente si alterna strettamente alla fase di correzio-

giustizia, dall'altro, favorite dalla disonestà di alcuni, le troppo facili operazioni edilizie sostanzialmente ma non formalmente illegali; e pertanto non perseguibili legalmente, e che vediamo concretizzarsi nel tessuto urbano. Manca insomma la chiarezza e la certezza delle risposte alla richiesta edilizia dei cittadini nonché, come «effetto collaterale», la rapidità di risposta delle amministrazioni in genere (anche se con qualche lodevole eccezione). L'esigenza di una risposta rigorosa è quindi molto sentita, specialmente dalla grande maggioranza degli operatori del settore, sia pubblici che privati, i quali spesso devono investire ingenti risorse economiche senza la certezza del risultato.

#### L'approccio con sistema esperto

I tentativi recenti di soluzione del problema che accumulano la conoscenza pratica in un sistema esperto mi sembrano quindi un'ottima metodologia alternativa per l'istruttoria tecnica, in quanto rendono possibile una costante sintesi normativa e quindi più facile l'uniformità di comportamento in casi simili. Certo non bisogna illudersi di essere sostituiti nelle scelte da eseguirsi per arrivare a una risposta (e sicuramente non sarebbe neanche giusto), ma si può essere assolutamente certi:

1 - di NON aver dimenticato l'analisi di tutto ciò che interessa il caso specifico in esame; e questo è già un grosso risultato, affidato finora alla sola memoria del tecnico istruttore.

2 - di aver dimenticato tutti gli aspetti che NON interessano il caso specifico all'esame; e questo è il reale punto di forza del sistema esperto, virtualmente irraggiungibile dai sistemi di analisi sopra menzionati (punti A e B).

#### Il caso pratico

Nel Comune di Forlì è operante, da qualche mese, un sistema esperto di consulenza per la verifica di rispondenza delle richieste di concessione edilizia con la normativa del piano regolatore generale. Funziona in collegamento ad altre applicazioni convenzionali più specialistiche su specifici argomenti (piani particolareggiati, vincoli territoriali, consultazione in linea della normativa ecc.), alle quali si viene rimandati in caso di bisogno. È predisposto anche per agganciarsi ad un archivio a livello dipartimentale per la gestione globale delle richieste edilizie per via informatica.

Il modo di consultazione più usato da me (anche se ne esistono altri) è quello «assistito», nel quale vengono proposte dalla macchina domande, in un'ordine preordinato ai fini istruttori, che conducono alla verifica finale di compatibilità normativa del progetto proposto al Comune. Non tutte le domande hanno uguale valenza e ne esistono diverse che implicano, come è ovvio, scelte fondamentali dell'esaminatore in relazione all'interpretazione normativa da applicarsi al caso. Tali scelte influenzano l'esito dell'istruttoria finale. La base di conoscenze è però modificabile in modo da eseguire da sola quelle scelte che sono ritenute consolidate da tutti gli utilizzatori, ovvero già decise in casi analoghi. Restano quindi da decidere solo i casi realmente nuovi rispetto alla prassi.

Il sistema pone solo le domande attivate da regole che hanno pertinenza al caso specifico, escludendo tutte le altre. Anche così il numero di queste è abbastanza alto da indurre a tre considerazioni:

1. Non è immediato dare risposta a una richiesta con questo strumento, in quanto, in generale, una risposta meditata ed

esaustiva anche ad una richiesta semplice coinvolge la risposta a più domande di quanto sembrerebbe logico aspettarsi a prima vista.

2. Le domande sono però tutte pertinenti al caso in esame, ovvero devono (o dovrebbero) essere comunque prese in considerazione anche nell'istruttoria convenzionale non assistita da elaboratore, per avere la certezza della risposta.

3. Nell'istruttoria convenzionale, invece, molte di queste vengono sicuramente ignorate, ed inoltre non si è certi di fare sempre la scelta interpretativa conforme ad altri casi già esaminati e decisi: per cui la risposta non è certa ma solo probabile, e dipende inoltre in larga parte dal modo di vedere e dalla professionalità dell'Esaminatore. Mi sembra che da quanto detto sia deducibile abbastanza chiaramente la differenza di approccio all'istruttoria tramite sistema esperto, metodi informatici convenzionali e metodo non assistito da elaboratore. Il vantaggio del sistema esperto nei confronti degli altri metodi informatici è la superiore capacità di «destreggiarsi» tra le norme, proponendo solo quelle che interessano il problema; nel contempo, non si perde la possibilità di collegamento ad altre applicazioni convenzionali specialistiche, anche cartografiche, che avviene però solo in caso di effettiva necessità istruttoria. Il vantaggio del sistema esperto nei confronti dell'istruttoria non assistita dall'elaboratore è la precisione e la maggior affidabilità del responso. In compenso tale metodo esige, come conseguenza logica, che l'istruttoria non sia superficiale ma accurata per tutti i casi trattati. ■

Archimede Pazzi

ne per tutto il periodo di sviluppo del sistema, le conoscenze introdotte vengono messe in relazione con i dati di una situazione reale, in modo da ricavarne conseguenze interessanti e giudizi pertinenti.

In pratica, si preferisce affidare al sistema anche la conduzione della conversazione, indicando o precisando, se necessario, l'obiettivo da conseguire (una verifica di correttezza, la diagnosi di guasti, l'espletamento di un percorso didattico) e fornendo al sistema esperto tutte le informazioni sul caso in esame che il sistema stesso ritenga utili. In qualche modo questo approccio ricalca il rapporto con un professionista: il cliente si reca dal medico o dall'avvocato, espone il suo problema e poi si affida all'esperienza dell'interlocutore, che inizia una serie di domande, di indagini e di verifiche fino ad esprimere, se possibile, un parere finale.

### **Fidarsi è bene, non fidarsi è... istruttivo**

Di fronte al video, il comportamento di un sistema esperto può non apparire a tutta prima molto diverso da un buon sistema amichevole che raccoglie e cataloga l'informazione. In realtà in ciascuno momento lo scopo del programma non è il controllo dei dati, ma la soluzione di quello che si ipotizza essere il problema dell'utente. Di conseguenza non si è di fronte ad un menù su cui scegliere la funzione desiderata, ma ad un partner che ha una sua «idea» di cosa fare, di cosa chiedere e di che cosa proporre. La transizione tra le due prospettive è sempre più marcata col procedere dell'indagine: all'inizio, anche per comodità d'uso, le opzioni presentate sono largamente affidate all'iniziativa dell'utente, ma pian piano il problema si precisa e il sistema esperto assume esplicitamente il controllo della conversazione, proponendo questioni specifiche e avanzando ipotesi di lavoro definite. Sull'albero virtuale delle regole, che il sistema continuamente consulta e ricompone, i possibili percorsi vanno riducendosi di numero e personalizzandosi sulla base dei dati via via

acquisiti, fino a condurre ad una possibile soluzione (se le relative condizioni sono tutte verificate) oppure al fallimento della ricerca (se nessuna risposta conclusiva è sufficientemente supportata). Il colloquio ha comunque generato effetti collaterali rilevanti, quali la definizione del problema e la raccolta guidata dei dati pertinenti; l'esame condotto può perciò essere catalogato nell'archivio storico, per esempio integrando la banca dati gestionale o arricchendo le notizie sul tema. Inoltre, sia che abbia o non abbia raggiunto una diagnosi completa, il sistema esperto ha fornito direttamente o implicitamente indicazioni e suggerimenti personalizzati, anche solo per avere escluso alcune possibili conclusioni.

La qualità dell'assistenza prestata è legata in primo luogo alla «iniziativa» del motore inferenziale, che non si limita a seguire le decisioni dell'utente, ma propone di volta in volta il tema che risulta più significativo; tuttavia, soprattutto se l'utente ha già una qualche idea in merito, il «decisionismo» del sistema potrebbe risultare eccessivo e finire per prevaricare sull'intuizione dell'utilizzatore. Come assicurarsi che le precisazioni introdotte siano correttamente interpretate? In che misura ci si può fidare del sistema esperto e delle regole che qualcuno ha predisposto a priori, senza aver presente, per forza di cose, tutti i casi specifici a cui possono applicarsi? Interviene qui la seconda fondamentale caratteristica del motore inferenziale, quella di agire secondo strategie del tutto logiche e trasparenti. Esso si limita infatti a interpretare le regole disponibili, le quali non sono astrusamente criptografate, ma anzi corrispondono in modo intuitivo alla maniera di impostare il problema tipico dell'esperto umano. Il sistema esperto può così giustificare ogni sua iniziativa semplicemente esibendo la regola o la concatenazione di regole che sta applicando, sia nella forma del linguaggio-interprete, sia, come più spesso avviene, nella traduzione in italiano corrente. Dal momento che lo sviluppo della base di conoscenze non comporta di solito la codifica e la compilazione dell'informazione, ma soltanto la sua

espressione nella forma più chiara possibile, in fase di consultazione è sufficiente evidenziare, a richiesta, la conoscenza implicata nel punto in oggetto. Il sistema esperto è quindi per sua natura, oltre che un consulente sull'argomento affrontato, un sistema intrinsecamente didattico, il quale spiega la sua strategia in termini teorici nel momento stesso in cui ne mostra l'applicazione pratica a un caso concreto. Lo sforzo che l'esperto sul problema ha effettuato durante lo sviluppo, e che già ha contribuito a chiarire i suoi dubbi metodologici, non è solo in funzione di una determinata operatività del programma, ma permane in tutto il suo valore come testo di riferimento da consultare, se autorizzati, durante l'utilizzo del sistema.

Questo aspetto specifico dei sistemi esperti, che li distingue anche dagli altri programmi di intelligenza artificiale, è evidentemente di grande interesse e comporta vantaggi non facilmente riproducibili con software di tipo tradizionale. L'esperto umano è in grado di verificare direttamente, ispezionando il sorgente stesso su cui il motore inferenziale agisce, se l'ingegnere della conoscenza ha correttamente interpretato le sue indicazioni; è più facile individuare i punti da correggere e da ampliare, il motivo di una errata conclusione o di una importante omissione. Se il linguaggio in cui la conoscenza è formulata è sufficientemente espressivo, può divenire un nuovo supporto per appunti, considerazioni e ipotesi innovative, da mettere alla prova sottoponendoli all'interprete del sistema esperto. Inoltre può diventare un veicolo per trasmettere la conoscenza a esperti in formazione o ad una cerchia più vasta di utenti; dal punto di vista aziendale, è un supporto su cui consolidare la competenza di più esperti, ciascuno per il suo contributo specifico, incoraggiando lo scambio di idee e la condivisione delle conoscenze critiche. Probabilmente, la creazione di basi di conoscenza sui problemi più disparati è un obiettivo strategico anche a prescindere dall'immediato impiego operativo su compiti strettamente definiti, apparendo già pienamente giustificata come at-

tività di  
ne e di m  
trata in e  
duzione  
addirittura  
una logia  
competen  
voro nell

### **Qualco tutto su**

Se è vero  
ve comp  
di un liv  
piena co  
re specif

### **«Li**

Le a  
ambie  
mai c  
stime  
fidi e  
risch  
press  
Cese  
Cass  
guar  
stenz  
paga  
tri c  
of sa  
mina  
fram  
(nel  
nella  
varie  
se, p  
cian  
a pi  
auto  
te c  
med  
ogn  
colt  
zion  
cui  
tenz  
no  
lari  
terr  
nea  
me  
co  
que

tività di formazione, di documentazione e di maturazione professionale; l'entrata in esercizio come sistema di produzione sarebbe sotto questo aspetto addirittura un ovvio effetto collaterale, una logica conseguenza del livello di competenza raggiunto attraverso il lavoro nell'ambito della formazione.

### Qualcosa su tutto, tutto su qualcosa

Se è vero che una buona istruzione deve comprendere sia il conseguimento di un livello culturale generale che una piena competenza in un qualche settore specifico, non si vede come questo

non debba valere anche per i «professionisti artificiali». Quando dal General Problem Solver, il sistema a regole di produzione di Newell e Simon, si passò a programmi con competenze più circoscritte e definite, l'efficacia migliorò in modo nettissimo. Non si riusciva a individuare un insieme definito di regole per il ragionamento in generale, ma sembrò subito molto più pratico trovare e adottare criteri specifici per argomenti circoscritti e specialistici. Dendral, forse il primo sistema esperto concretamente utilizzato, fu sviluppato a Stanford alla fine degli anni '60 per individuare la struttura molecolare di una sostanza da analizzare, a partire

dai dati chimici e di spettrografia di massa. Ai primi del '70 risale Macsyma, sviluppato al Mit e in grado di manipolare espressioni algebriche, risolvere o semplificare equazioni matematiche, elaborare simbolicamente calcoli differenziali e integrali. Mycin, anch'esso nato a Stanford, è invece un sistema diagnostico sulle malattie infettive del sangue che adotta gradi di certezza sui dati, livelli di confidenza sulle regole, e il metodo a concatenazione inversa per richiedere a ragion veduta soltanto gli esami necessari a discriminare tra le ipotesi in gioco. Tutti questi sistemi sono stati largamente aggiornati e migliorati e hanno prodotto numerose versio-

## «Linea calda» per il servizio di assistenza

Le applicazioni del sistema esperto in ambito finanziario e bancario sono ormai classiche, come consulenza agli investimenti del cliente, alla concessione di fidi e crediti, alla gestione della centrale rischi. L'introduzione del guscio Ergo presso la società interbancaria Sicrom di Cesena (Società per l'Informatica delle Casse di Risparmio della Romagna) riguarda invece un settore tecnico: l'assistenza sui terminali per transazioni di pagamento installati presso negozi e centri commerciali (terminali Pos, da «point of sale», punto di vendita). La rete di terminali Pos si caratterizza per l'estrema frammentarietà e diffusione sul territorio (nel caso in oggetto, oltre mille terminali nella regione e nelle zone limitrofe), la varietà dell'utenza interessata (commesse, piccoli proprietari, artigiani, commercianti in genere) e l'estensione nazionale, a più livelli, dei circuiti di convalida e di autorizzazione. La funzione, che consente di effettuare pagamenti all'esercente mediante Bancomat e carte di credito di ogni tipo, va incontro a disservizi, difficoltà o semplici domande di chiarificazione dovute alle carte del cliente, ai circuiti di autorizzazione, alla varia competenza degli esercenti, ai dubbi che possono sorgere di fronte a pagamenti particolari, oltre che a guasti veri e propri del terminale o delle apparecchiature di linea. Il servizio di assistenza tramite numero verde gratuito, attivo per tutto l'arco della giornata, si trova di fronte ai quesiti più diversi, in funzione anche del-

le configurazioni e delle funzionalità del singolo terminale.

Il sistema esperto contempla i disservizi possibili, cercando di individuarli in base a semplici criteri e a domande di precisazioni, e mette in atto per ciascuno una prima strategia diagnostica, suggerendo i controlli e le manovre da effettuare sia in loco, sia sui monitor centrali. Uno degli obiettivi è la riduzione delle chiamate di intervento alla società di manutenzione, quando l'inconveniente dipende invece da errate manovre dell'esercente o da problemi di linea, e la loro definizione più ragguagliata possibile quando l'intervento è inevitabile (proponendo alcune ipotesi di diagnosi: «alimentatore guasto» piuttosto che «parte telefonica non funzionante», e così via). Rivolgendosi principalmente agli operatori del servizio di assistenza, anche con finalità di addestramento permanente, il sistema consiglia la più appropriata sequenza di verifiche, dal controllo del profilo utente all'esame della storia pregressa del terminale, all'aggiornamento sull'attuale situazione di linea e di elaborazioni centrali. Comprende inoltre il manuale utente per le possibili operazioni di acquisto, storno, contabilizzazione e procedure manuali, da consigliare in corrispondenza degli eventi più diversi (lo scontrino strappato o illeggibile, la carta magnetica difettosa, il documento irregolare): anche se la competenza del sistema esperto non comporta nessuna novità assoluta rispetto alla professionalità media dell'opera-

tore del servizio, è la completezza della casistica e l'accuratezza della sequenza di test a farne un alleato prezioso, in grado anche di prendere nota di ogni consultazione, compilare la richiesta di intervento e monitorare statisticamente le tipologie delle chiamate. L'evoluzione del sistema può andare verso una maggiore integrazione con le altre procedure di analisi, per esempio giungendo ad effettuare direttamente le ricerche e i controlli sul data base delle configurazioni e delle autorizzazioni, o anche a rilevare online, da altre apparecchiature dedicate, lo stato delle linee e delle transazioni in corso. Per altri aspetti, si può calibrare una versione direttamente fruibile dall'utente in difficoltà, la quale possa suggerire, senza il filtro dell'operatore qualificato, le operazioni preventive da tentare. Il servizio di assistenza potrebbe così parzialmente essere decentrato, o addirittura, unito ad un risponditore automatico interattivo e alla gestione del centinaio di messaggi preregistrati necessari al dialogo, fornire un primo filtro automatizzato delle chiamate in arrivo, per i momenti di punta o quelli per qualsiasi motivo non coperti dai turni in vigore.

Probabilmente quest'ultimo tipo di assistenza, in cui l'utente si abitua a colloquiare direttamente con un sistema esperto diagnostico e correttivo, preferibilmente cablato nella stessa apparecchiatura da controllare, sarà presto la forma più efficace e culturalmente più incisiva di consulenza automatica e di autoistruzione in ogni fase della interrelazione tra l'uomo e la macchina. ■

ni e derivazioni ancora oggi utilizzate. In particolare, Mycin ha introdotto la netta distinzione tra programma di inferenza e base di conoscenza, dando origine a Emycin, ovvero Mycin vuoto, senza regole di inferenza: il primo «guscio» generalizzato, sia pure circoscritto alla diagnosi medica, da poter istruire su uno specifico problema diagnostico. Prospector, messo a punto dalla Sri International sullo schema di Mycin, si dedica invece alla geologia e alla localizzazione di depositi minerali; fin dagli anni '70 ha svolto un ruolo di rilievo nella scoperta di nuovi giacimenti di minerali preziosi. Xcon, della Digital, è un sistema di configurazione di ausilio al commerciale e al tecnico per l'individuazione della linea di mini e dei relativi supporti di configurazione in relazione alle richieste del cliente.

Da questi e pochi altri capostipiti discende una miriade di prodotti, in genere dedicati a differenti settori di competenza, di cui ormai non è più possibile tenere il conto. Si usa ricordare Caduceus, sviluppato dall'80 a partire da Internist, un sistema di diagnostica medica con più di centomila associazioni tra sintomi e malattie; Centaur, che nel 1980 applicò per la prima volta il «frame» di Minsky per rappresentare i fatti di base, esperto di malattie polmonari; Molgen (1981), con capacità di pianificazione, per proporre esperimenti di genetica molecolare;

Plant (1981), per diagnosticare le malattie dei semi di soia, in grado di generare regole anche traendole induttivamente da una base di dati storici.

La corsa alla specializzazione, motivata dagli aspetti applicativi, ha tralasciato l'altra componente della vera competenza, cioè l'informazione generale che permette di meglio inquadrare il problema ed eventualmente rimandarlo ad un diverso specialista (evitando così equivoci imbarazzanti e brutte figure di fronte ai casi più banali). Per un verso, si può ritenere che si tratti di una componente culturale, più complessa, non adatta all'approccio del sistema esperto. Essa si collega senz'altro al tema del «buon senso», di quella capa-

cià di orientamento tipica di ogni intelligenza «naturale» e così problematica per le attuali macchine di elaborazione. Tuttavia si va affermando l'idea che anche nel caso del buon senso non siano in gioco particolari schemi di elaborazione, ma soprattutto una mole insospettabilmente ampia di informazioni, in parte tratte dall'esperienza compiuta quotidianamente fin dai primi giorni di vita dell'individuo, in parte sedimentata in predisposizioni cerebrali nel corso dell'evoluzione biologica. Douglas B. Lenat, della Mcc, un consorzio di 56 società informatiche, ha dato vita nel 1985 ad un progetto decennale che prevede mille anni uomo di lavoro, volto a raccogliere le conoscenze ordinarie di un individuo medio e capace di assistere i sistemi esperti superspecializzati per problemi situati nelle aree di confine, o per assegnare a ciascuno il compito più adatto (oltre che in grado di orientarsi con disinvoltura nell'ambito dei problemi pratici più banali). Il programma Cyc, una specie di gigantesca enciclopedia automatica del sapere quotidiano, ha superato il milione e mezzo di fatti e relazioni tra fatti e dovrebbe raggiungere i dieci milioni entro il 1995. Oltre quel limite, potrebbe essere in grado di interpretare direttamente testi e notizie, facilitando l'ampliamento ulteriore delle conoscenze. Dotato di 27 motori inferenziali differenti, a cui altri si agghianteranno, converte l'informazione dal linguaggio semi-naturale di input in una miriade di rappresentazioni simboliche, ottimizzate a seconda della famiglia di fatti con cui interagisce più da vicino. «Per Lenat — scrive Paul Wallich — è illusorio ritenere che una sola struttura particolare di algoritmi possa rendere possibile il comportamento intelligente. "L'intelligenza — dice — è fatta di dieci milioni di regole. Se si possiede una rappresentazione delle conoscenze buona a metà e un'architettura buona a un quarto, non si ha nessun problema". Secondo Lenat, i ricercatori che pensano che un'unica elegante teoria possa risolvere tutti i problemi della rappresentazione delle conoscenze e dell'inferenza soffrono di "invidia per la fisica". "Voglio-

no una teoria concisa, potente e corretta, perciò tentano una dopo l'altra le tattiche più economiche"» («Creature di silicio», *Le Scienze*, febbraio 1992). L'attenzione al contenuto, più che alle raffinatezze dell'architettura, è tipica di tutta l'evoluzione dei sistemi esperti ed è la matrice prima del loro successo.

### Chi fa da sé fa per tre

La mole degli investimenti per progetti di questa portata può indurre a rassegnarsi al ruolo di eterno colonizzato, aspettando che qualcuno ci venda (per rifarsi della spesa...) il prodotto di tanto sforzo. In realtà, i sistemi esperti commercialmente più interessanti e utili sono quelli più vicini al problema dell'utente, specializzati e costruiti sul suo modo di concepire le possibili soluzioni. Per evitare di doversi affidare interamente alla macchina, rinunciando al controllo del processo decisionale, è importante conoscere a fondo i criteri e le regole della base di conoscenza, apportandovi le modifiche che si ritengono utili. Se si dispone della competenza necessaria, è preferibile definire in prima persona la struttura logica della base conoscitiva, secondo le esigenze e l'angolo visuale organizzativamente più favorevole; del resto si tratta quasi di una via obbligata, perché l'offerta di sistemi esperti completi e funzionanti è ancora decisamente limitata e difficilmente può soddisfare l'esigenza del singolo utente potenziale. La strategia migliore è quella che prevede più sistemi esperti, tra loro comunicanti e con parte della conoscenza in comune, da ampliare e perfezionare nel tempo accanto al prototipo eventualmente acquisito già pronto o comunque sviluppato per primo: molto più che nel software tradizionale, l'interazione col sistema esperto coinvolge il proprio modo di pensare e di impostare i problemi e deve risultare quanto più possibile aderente al linguaggio, al vocabolario e alle buone abitudini dell'utente.

Se invece non si tratta di consolidare la competenza di cui già si dispone, ma si vuole acquisire nuova capacità professionale, l'adozione di un sistema esper-

to è  
maz  
ne c  
form  
sapp  
ti, in  
poss  
za e  
segu  
alle  
pura  
assu  
siste  
succ  
quat  
cons  
suo  
gola

TE  
E



to è innanzitutto un momento di formazione aziendale. Come per l'adozione di un libro di testo o di un corso formativo, è importante che il sistema sappia giustificare i propri suggerimenti, in modo che in linea di principio sia possibile verificare la loro autorevolezza e condividerne scientemente le conseguenti responsabilità. Un supporto alle decisioni non è mai qualcosa di puramente operativo e non può essere assunto a scatola chiusa; nel caso dei sistemi esperti, specifiche funzionali succinte, ma complete sono rare, in quanto esse sono rappresentate nella consultazione stessa del sistema e nel suo comportamento di fronte alla singola situazione.

### Gusci e conchiglie

Per semplificare la sintesi della conoscenza e la creazione di esperti artificiali, sono disponibili numerosi strumenti di sviluppo, di solito ricavati per generalizzazione, come Emycin, da sistemi esperti specialistici di largo successo. Tali sistemi, che vanno sotto il nome di «shell» o gusci da «riempire» opportunamente con le direttive necessarie al problema applicativo, comprendono il motore inferenziale, le interfacce di sviluppo e di consultazione, la struttura (vuota) per la base di conoscenza e vari metodi per comunicare con data base e procedure tradizionali. Tra i nuclei più noti, spicca Nexpert (derivato da Casnet, a sua volta svilup-

pato negli anni '70 alla Rutgers University per la diagnosi e la terapia del glaucoma), uno strumento abbastanza completo disponibile in quasi tutti gli ambienti operativi, dal mini al personal; in Italia è distribuito come Nexpert Object dalla Sysdata, per esempio in versione Dos per processori 386 o superiori. Un esame comparato dei gusci oggi disponibili ci porterebbe troppo lontano; si vedano a titolo di esempio i cenni svolti su questa rivista da Di Ruzza e Scozzo (cfr. Office Automation n. 5/1991, pagg.82-92).

Indubbiamente la scelta dello shell più opportuno è un momento importante di un progetto di sistema esperto e richiede una discreta esperienza sul

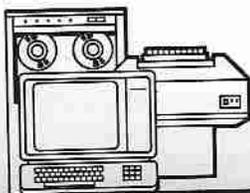
## TELECOMUNICAZIONI E TRASMISSIONE DATI

*PROGETTAZIONE SISTEMI  
PROGETTAZIONE RETI  
CONSULENZA  
ASSISTENZA SISTEMISTICA  
FORNITURE PERSONALIZZATE  
INSTALLAZIONI «CHIAVI IN MANO»  
MANUTENZIONE  
RACK  
APPARATI T.D.  
BORCHIA MULTIPLA  
DIRAMATORI  
COMMUTATORI  
ACCESSORI  
CAVI*



**FILTE sud S.R.L.**  
TELECOMUNICAZIONI  
E TRASMISSIONE DATI

Via Villafranca, 15  
00040 CECCHINA (Roma)  
Tel. (06) 93.43.251  
Telefax (06) 93.42.016  
Telex 610561 FILTES I



campo: già questo finisce per inibire più di un potenziale utente di tecnologia esperta. Converrà esplorare in altra sede, più in dettaglio, i problemi metodologici e commerciali dell'intero processo progettuale di un sistema esperto; si può intanto cercare di sdrammatizzare l'impasse iniziale suggerendo per il primo approccio un investimento hardware e software di basso profilo, purché resti garantita la possibilità di migrare in un secondo tempo verso sistemi più potenti ed evoluti, recuperando la base di conoscenza già delineata. L'importante è mettersi rapidamente in condizione di costruire un primo prototipo di lavoro, possibilmente non vincolato a scadenze applicative inderogabili o ad aspettative troppo ambiziose, e soltanto sulla base di questa prima esperienza pianificare un progetto pienamente operativo. La specificità del sistema esperto si evidenzia anche nella valutazione degli obiettivi: può capitare di mirare ad un certo scopo e accorgersi a posteriori che la base di conoscenza consolidata si presta ad una serie di obiettivi collaterali, a volte più interessanti e remunerativi.

Anche con la migliore buona volontà, a condurre il progetto pilota può non essere sufficiente né l'analista esperto recentemente convertito all'ia con qualche corso teorico, né il giovane laureato che sa tutto di backtracking e meta-interpreti, ma non ha mai vissuto l'altalena dei colloqui con l'esperto umano o il paziente mosaico dell'analisi di un problema utente. L'ingegneria della conoscenza è ancora un'arte di difficile industrializzazione, che richiede la capacità di destrutturare e ricomporre i problemi e le metodologie su cui lavorano i professionisti «umani» più qualificati. Chi non ha predisposto un investimento adeguato su strutture interne, dovrà probabilmente affidarsi a consulenti esterni sufficientemente navigati.

### **La strategia del carciofo e della... melanzana**

La scelta e l'acquisizione di uno shell non risolve la questione dello strumento di sviluppo, perché all'interno di cia-

scun nucleo di sistema esperto vi sono numerose opzioni e metodologie tra cui discriminare. Strumenti generali e potenti vanno a loro volta personalizzati sul problema, eliminando via via tutte le foglie non essenziali e che possono complicare, soprattutto per un primo approccio, l'analisi del problema. Per esempio, uno degli scogli più problematici è quello del ragionamento probabilistico o della «confidenza» di asserzioni e regole: l'ambizione ad una più esatta modulazione della conoscenza può portare il gruppo di lavoro ad accanirsi a discutere la quantificazione «esatta» della probabilità di ciascun evento; inoltre le varie formule di propagazione della confidenza possono far perdere il controllo della navigazione sull'albero delle regole. Semplificazione dopo semplificazione, si finisce a volte per sfogliare quasi tutto il carciofo e adoperare la fuoriserie per la spesa in centro (il che ha pur sempre un certo effetto, quanto a immagine). Una tattica alternativa potrebbe essere quella di iniziare dal centro, dall'insieme minimo di metodi e strumenti, e procedere a ragion veduta verso la periferia, quando si siano effettivamente esaurite le potenzialità dell'approccio iniziale. In questa ottica, l'idea di costruire ex novo un interprete di sistema esperto è meno avventurosa di quanto possa sembrare, considerando l'indubbio vantaggio di padroneggiare le strategie dimostrative del sistema, le sequenze dei controlli e le possibili interfacce con le altre procedure gestionali. A titolo esemplificativo, si illustra uno strumento contenuto ma efficace, realizzato in C per ambienti Unix e Dos, che si è dimostrato sufficientemente valido per progetti applicativi non banali, appartenenti ad aree tra loro differenti.

### **La struttura del guscio «Ergo»**

La base di conoscenza del sistema «Ergo» è a regole di produzione, formate da frasi in AND e in OR (premessa della regola) e da un asserto conclusione (conseguenza). Ogni regola stabilisce che l'asserto conclusione (o la sua negazione) è dimostrato vero se la pre-

messa risulta verificata. La frase è una stringa di caratteri, a cui corrisponde internamente un codice abbreviato, che viene esibita dal sistema, con qualche manipolazione sintattica, ogni qualvolta occorre comunicare una conclusione, porre una domanda o fornire una spiegazione. Verificare una frase significa, nell'ordine:

- 1) controllare se fa parte dei fatti già acquisiti;
- 2) cercare se esiste qualche regola che la prevede come conclusione, nel qual caso il motore inferenziale cercherà ricorsivamente di verificarne le premesse e dedurla infine da esse. Durante la consultazione, in modalità «attiva», una frase non ulteriormente referenziata sarà inoltre verificata;
- 3) assumendo l'eventuale valore indicato per default (vero, falso, ignoto);
- 4) ricercando una eventuale procedura esterna che restituisca il valore della frase nel caso in esame, per esempio traendolo da un archivio di dati, da una procedura gestionale o da un programma ad hoc comunque complesso;
- 5) ponendo la frase in forma interrogativa all'operatore, attendendo un sì o un no di risposta. Una frase stabilita vera (o falsa) entra a far parte dei «fatti» noti; se è marcata con una certa convenzione, verrà anche eseguita come riga di comando per il sistema operativo, ottenendo il lancio di una procedura o qualsiasi altra funzione di sistema. Qualora la frase corrisponda al goal assegnato al sistema esperto, l'evento viene segnalato e lo stato del motore inferenziale viene a mutare.

Il motore inferenziale può operare in forward, cercando, per ogni nuova frase accettata come vera, se compare come premessa in una qualche regola: in tal caso, se insieme ad altri eventuali asserti-premessa l'antecedente della regola risulta verificato, anche la conseguenza è accolta tra i fatti noti e il processo continua ricercando ulteriori conseguenze. In backward, una nuova acquisizione avrà degli effetti a cascata solo se risulterà in qualche modo connessa, lungo l'albero delle regole, col fine assegnato al sistema esperto. L'interfaccia a video, interattiva mediante tasti funzione, frecce direzionali,

comandi o frasi a tastiera, opera a finestre, ponendo domande, comunicando le deduzioni e fornendo giustificazioni e spiegazioni per ogni fase del lavoro. Le medesime frasi che compongono la base di conoscenza sono utilizzate sia per ricostruire la regola interessata e risalire eventualmente la catena costruita dal motore inferenziale, sia per ricapitolare i fatti acquisiti, sia per richiedere ulteriore informazione. Si ha così la ga-

ranza, in fase di sviluppo come in fase di utilizzo, che le delucidazioni corrispondano puntualmente alle linee di «ragionamento» seguite, poiché non si tratta di commenti posticci inseriti per ragguagliare (o stupire) l'utente finale. Detto tra parentesi, questa economia di opzioni estetiche evita ciò che accade regolarmente con prodotti più raffinati, nei quali le spiegazioni non risultano mai pienamente aggiornate o addirittura,

anche nelle presentazioni ufficiali, finiscono per mancare del tutto («Stiamo lavorando alla documentazione» è in questo caso la frase di prammatica).

### Una tipica applicazione di sistema esperto

Il nucleo qui rapidamente delineato è stato messo all'opera sulla problematica del piano regolatore cittadino, quel-

## Cura te ipsum

Il sogno e il pericolo di una diretta fruizione sociale della competenza del medico generico e specialista è l'ipotetica possibilità di controllare di persona le proprie condizioni di salute e conoscere per quanto è possibile ciò che ci aspetta nelle diverse ipotesi diagnostiche. D'altra parte ogni medico sa che non c'è peggior paziente del soggetto ipocondriaco, convinto dalle sue scarse e fantasiose nozioni di avere volta volta tutte le possibili e più strane malattie: al punto che, prima o poi, finisce per prenderne una per davvero. L'idea di un consulente artificiale, finalmente a nostra disposizione e anche lui, una buona volta, «paziente» verso le nostre ansie e le nostre necessità, non è però così assurda e pericolosa come altre pratiche «paramediche» o magiche, tra imbonitori, santoni e guaritori, a cui si finisce per indulgere. Si tratterebbe di una versione altrettanto accurata, ma di facile e immediato accesso, di una enciclopedia medica o di un libro di testo per studenti in medicina.

Tuttavia non è questa la direzione in cui si muovono i sistemi esperti in medicina, almeno fino a quando la loro affidabilità non sia superiore agli stessi equivoci inevitabili in mani poco esperte e d'altro canto l'aspettativa del pubblico verso la scienza e il computer non sia ridiscesa ad un livello ragionevole. Il «cura te stesso» dell'Ia, come nel motto originale, è ancora rivolto al personale medico: il sistema esperto è innanzitutto uno strumento che perfeziona e accompagna la strategia diagnostica e terapeutica del medico, aiutandolo a vagliare ogni ipotesi e richiamando le nozioni meno comuni quando si sfiorano campi esterni alla specializzazione di ciascuno. Nella sperimentazione condotta nel reparto pediatrico dell'ospedale di Cesena, il guscio

Ergo è stato utilizzato nella versione con trattamento dell'incertezza, in modo da confrontare le possibili diagnosi o terapie. In una regola con fattore di confidenza, non tutto il grado di certezza delle premesse si trasferisce sulla conseguenza, ma appunto se ne perde un po' per strada; inoltre, le premesse in AND combinano le rispettive probabilità (esprese per esempio con valori compresi tra 0 e 1) moltiplicandole tra loro, cioè ancora una volta riducendo via via il peso assoluto. In compenso, le premesse in OR o più regole con la stessa conseguenza assommano i loro sforzi deduttivi (naturalmente non sommando aritmeticamente gli apporti di ciascuna, ma secondo algoritmi variamente modulati). La strategia del motore inferenziale è profondamente diversa: per esempio, esso non si accontenterà di una sola catena deduttiva o di una sola condizione in OR verificata, ma proseguirà almeno fino al conseguimento di un valore di certezza convenzionalmente «alto»; nello stesso tempo, smetterà di propagare la probabilità al di sotto di una soglia ragionevolmente bassa. Disponendo opportunamente le regole lungo l'albero virtuale, questa navigazione complessa può essere sfruttata per «far galleggiare» le ipotesi maggiormente supportate, per le quali, quando è necessario discriminare, saranno proposti anche gli esami clinici più approfonditi e onerosi; al contrario, le ipotesi scarsamente probabili non saranno esaminate in tutti i loro quadri sintomatici, almeno fino a che notizie generali o indirette le renderanno più interessanti e quindi apriranno la via a quegli approfondimenti clinici più

costosi o più invasivi. Poiché uno stesso parametro misura sia la confidenza riposta intuitivamente dal medico nella relazione in oggetto, sia l'influenza che il dato avrà lungo il castello logico, l'ingegnere della conoscenza dovrà assumersi l'onere di mediare tra le due esigenze e aggiustare in via pratica i valori in base alla sperimentazione globale del sistema sottoposto al giudizio del medico esperto.

Il sistema esperto Irene (Insufficienza REspiratoria NEonatale) cerca di misurare la gravità di una insufficienza respiratoria sia in relazione al ricorso a provvedimenti urgenti (cannule a ossigeno, intubazione, respirazione forzata) che rispetto alle possibili diagnosi eziologiche (insufficienza dell'organo nel prematuro, malattie infettive, malformazioni circolatorie o delle vie aeree). Trattandosi di interventi altamente specialistici, il sistema è pensato come ausilio e promemoria del medico in fasi critiche, oppure come elemento di formazione del giovane medico o del personale paramedico; una applicazione derivata può essere l'indicazione dei parametri di taratura iniziale dell'apparecchio per la respirazione forzata e il monitoraggio del paziente sottoposto a iperventilazione durante tutte le 24 ore. ■



l'insieme di norme, limiti e prescrizioni che in ciascun Comune della Repubblica stabilisce (o dovrebbe stabilire) ciò che ogni proprietario può o non può costruire, demolire e ristrutturare nel territorio di competenza. Le direttive di attuazione del piano si prestano egregiamente ad essere rappresentate come regole di produzione, per esempio orientando il sistema esperto a verificare il rispetto del piano ed elencando per ciascun articolo le condizioni nelle quali risulti violato oppure, viceversa, ottemperato. Di fronte ad un caso specifico da controllare, come una domanda di concessione edilizia presentata dal cittadino, sarà il sistema esperto a selezionare tutte le norme interessate e via via verificare le condizioni richieste, addentrandosi nei particolari della norma se si intende sfruttare al massimo il potenziale edificatorio previsto, accontentandosi di alcuni dati generali se invece si rientra nelle prescrizioni di massima.

Ad esempio, ad un certo punto dell'istruttoria il sistema esperto, per alcuni tipi di intervento e a seconda della zona di territorio interessata, si troverà a verificare se è rispettata la distanza minima dalle strade. Questo diventa implicitamente un sotto-obiettivo del sistema, in quanto necessario per il goal complessivo, il rispetto dell'intero piano regolatore. Il motore inferenziale incontra una regola pertinente, cioè che «se l'intervento riguarda la zona B e la distanza dalla strada è almeno 6 metri, allora è rispettata la distanza minima dalle strade». Supponendo che si tratti della zona B (fatto già noto dalla parte precedente dell'istruttoria), occorre stabilire qual è l'effettiva distanza prevista dal progetto. Nel caso di variabili numeriche, l'interfaccia disarticola la frase e costruisce una domanda di questo tipo: «Qual è la distanza dalla strada?». La risposta, fornita dall'operatore che ha controllato ed eventualmente misurato il dato sulla pianta del progetto, entra

a far parte dei fatti noti: per esempio, «5.4» metri; il valore viene confrontato con quello richiesto dalla regola (Ergo ha una elementare capacità di svolgere le 4 operazioni, confrontare i valori e determinare che relazione c'è tra «minore di 4» e «non inferiore a 5»; si ricordi che il motore inferenziale è un interprete nel quale operazioni e confronti sono ridefiniti tramite manipolazione dei simboli incontrati). La regola fallisce, ma il motore non demorde: trova un'altra regola in cui il limite di distanza dalle strade è 5 metri, per le sopraelevazioni in zona B. Purtroppo però non si tratta di una sopraelevazione, né di un ampliamento, per il quale, in casi invero particolari, che avrebbero scatenato una serie di indagini molto specifiche, la distanza ammessa scende fino a tre metri (se la strada è larga meno di 10 metri!). Una quarta (o quinta?) regola stabilisce che una nuova costruzione in zona B può tollerare fino a 5 metri di distanza dal-

richiesta è pertinente, solo in tal caso il progetto potrà essere regolarmente approvato.

Come si vede, il motore inferenziale non fa che scorrere continuamente l'insieme delle regole, eventualmente con certe priorità o preferenze, cercando qualcosa di applicabile; dal punto di vista dell'utente, il colloquio assume la forma di un'indagine volta a minimizzare i dati richiesti e a farne tesoro per decidere come proseguire l'istruttoria o come concluderla, magari respingendo l'ipotesi e segnalando gli articoli e i comma non ottemperati. Ma c'è anche un valore aggiunto, merito del motore inferenziale, che inventa possibilità e percorsi che nessuno gli ha direttamente suggerito: le regole possono essere inserite come meglio capita, purché ragionevoli e non contraddittorie, senza preoccuparsi più di tanto di quando e come verranno usate; sarà il sistema esperto a ripescarle se diventano pertinenti, e a lasciarle dormire, senza che

ingombrino il cammino, quando non tornano utili. In questo senso la base di conoscenze può crescere in estensione e in profondità senza richiedere di essere intuita e controllata nel suo insieme dall'esperto umano, cosa che richiederebbe un notevole sforzo rappresentativo, prima o poi impossibile per chiunque: solo come costruzione virtuale del motore di inferenza, dato un obiettivo e una serie crescente di eventi specifici,

la base si articola e assume una precisa struttura logica; salvo poi decomporsi e ristrutturarsi in una nuova catena, se si modifica l'obiettivo o si aggiungono dati differenti.

### Controllare il controllore

Poiché la strategia adottata caso per caso dal sistema esperto non sempre è riconosciuta dall'esperto umano, nell'esempio il tecnico comunale che istruisce la pratica edilizia, e dopo tutto potrebbe essere sbagliata per un qualsiasi



la strada, purché sia «un caso particolare di nuova costruzione». Cosa significa «un caso particolare»? Febrilmente, il motore inferenziale sfoglia le regole (siamo ancora nel primo decimo di secondo dalla risposta dell'operatore). Ecco, è un caso particolare se, innanzitutto, è una nuova costruzione, e fin qui ci siamo; e inoltre... «La nuova costruzione insiste su un'area di intervento libera, lottizzata prima del 28 gennaio 1983?» L'operatore boccheggia, non si aspettava la domanda, e forse non sarà facile rispondere: eppure la

errore nelle regole o nell'interpretazione delle norme stesse, è fondamentale ottenere ogni delucidazione sulla linea di analisi intrapresa. Ergo fornisce prontamente la catena deduttiva attualmente in uso, comprese eventualmente le biforcazioni e le alternative scartate o non ancora affrontate; inoltre, una funzione ad hoc rimanda direttamente, per ciascuna regola utilizzata o visualizzata, al testo di riferimento, cioè alle norme tecniche debitamente approvate e adottate dal consiglio comunale, alla pagina e al passo da cui la regola è stata ricavata. L'utente può così verificare il procedimento e discutere l'interpretazione, oppure, nel caso del cittadino meno esperto, sapere con chi prendersela se il suo progetto viene respinto (ma anche, scoprire qualche interessante scappatoia sepolta nei meandri normativi).

Nell'uso dei sistemi esperti e nell'estendersi dei supporti per decisioni rilevanti, l'esigenza della trasparenza del processo decisionale è una condizione irrinunciabile, sulla quale si gioca la credibilità e la possibilità stessa di un «consulente artificiale». Perciò i meccanismi «Why» e «What if» tipici dei sistemi esperti («perché» hai preso questa decisione e «cosa succede se» rispondo affermativamente alla domanda) non sono help in linea, come accade in una normale procedura o in altri algoritmi di Ia, ma fanno parte integrante del procedimento di consultazione e dialogo con l'esperto cablato nella base di conoscenza. Nuclei essenziali come lo shell Ergo mettono meglio in evidenza qual è il contributo del programma e quello dell'utente alla soluzione del problema: la macchina memorizza tutte le osservazioni potenzialmente utili, nella loro connessione logica e nel loro reciproco condizionamento; l'operatore conferisce significato alle parole e alle frasi, che per il programma sono

semplici combinazioni sintattiche su cui ottenere consenso o rifiuto (in modo da ammetterle o respingerle nel serbatoio dei fatti) e che solo per l'uomo assumo il giusto riferimento agli eventi del dominio in esame.

### Quale intelligenza?

Trovandoci per forza di cose a terminare queste note libere sull'intelligenza artificiale, concludendo per l'appunto con esemplificazioni pratiche niente affatto esoteriche e altisonanti, ci si chiederà se la relazione è così necessaria e che bisogno c'è di scomodare i massimi sistemi filosofici e antropologici (che cos'è l'intelligenza, l'intenzionalità o la coscienza) per occuparsi, in pratica, di supporti software al problem solving e al lavoro ordinario di ordinari professionisti. Come si diceva, intanto c'è una relazione per lo meno negativa, nel mostrare cioè quanto poco siano indispensabili intenzionalità e autocoscienza nell'espletamento di analisi e classificazioni che pure impegnano a fondo il professionista alle prese col problema reale. Una buona parte dei compiti intelligenti coinvolgono facoltà logiche e criteri di ragionamento non riducibili

ad algoritmi standard, eppure fondati sulle possibilità combinatorie di discriminanti elementari quasi banali. La scelta della «giusta» combinazione, che nel professionista sembra scaturire dall'occhio clinico e da una generica «esperienza», nella macchina coinvolge una euristica più esplicita, che forse aiuta a capire meglio, nel momento in cui si cerca di precisarla e sperimentarla, i processi decisionali corrispondenti. In secondo luogo, l'intero terreno dell'Ia è in rapido movimento e soltanto scandagliando gli stessi problemi di fondo si riesce a percepire la direzione e l'entità del progresso in atto. Coinvolgere sull'applicazione concreta le migliori energie del professionista e dell'utente migliora la sua percezione del problema, induce ad un uso molto meno banale e routinario del computer, costituisce infine un esperimento essenziale, su scala industriale e sociale, di quanto le elucubrazioni astratte dell'Ia impattino effettivamente sulla applicazione produttiva dell'intelligenza umana. L'intelligenza non è una virtù cerebrale e solipsistica, ma è il frutto e insieme un artefice delle relazioni interpersonali e della struttura sociale e produttiva. Nel momento in cui le applicazioni oggi disponibili, a cominciare dalle inesauribili potenzialità dei sistemi esperti, cominceranno a saturare alcuni segmenti di attività altamente qualificata, questo inciderà profondamente sul modo di usare le capacità razionali umane, correggerà in maniera significativa la rotta della ricerca in Ia e forse muterà anche la percezione socialmente diffusa di che cosa si nasconde ancora sotto il termine «intelligenza».

**Luciano Bazzocchi**

(6 - fine)

### BIBLIOGRAFIA

Derek Partridge, *Intelligenza artificiale e ingegneria del software*, Muzzio, 1988.

Vernon Pratt, «Macchine pensanti», *Il Mulino*, 1990.

Alessandro Mazzetti, *Costruire un Sistema Esperto*, Muzzio, 1986.

Alessandro Mazzetti, *Applicazioni dei sistemi esperti*, Muzzio, 1987.

Richard Forsyth e Roy Rada, *Applicazioni delle macchine che apprendono*, Muzzio, 1987.

Louis E. Frenzel, *Capire i sistemi esperti*, Tecniche Nuove, Milano, 1988.

Gabriele Furani, «Gestione e decisioni nell'Ente Locale: il sistema esperto P.R.O.F.» in *Nuova Civiltà delle Macchine*, 1/2 1988.

Per informazioni sui progetti citati:  
Alias - Cesena tel. 0547/29551

la  
Dossier del mese  
**Il bar code**  
Speciale  
La voce digitale nell'ufficio (1ª parte)

l'organizzazione

l'automazione e le comunicazioni dell'ufficio

# office<sup>®</sup> automation

SOIEL INTERNATIONAL - 20125 MILANO, VIA MARTIRI OSCURI 3 - MENSILE - ANNO DODICESIMO - N. 3, MARZO 1992 - SPED. IN ABB. POST. GR. III/70

## COMPAC MCX 106 - MCX 112 Concentratori di rete multiprotocollo



# PHILIPS