
PAGINE APERTE



LOGICA FUZZY, PIU' CHIARA DI QUANTO SI CREDA*

Earl Cox** e Martin Goetz***

Ragionare in maniera confusa non è propriamente un obiettivo che la gente solitamente si pone. E' sufficiente entrare in una qualunque libreria per trovare scaffali pieni di libri che insegnano a ragionare più chiaramente, con maggior precisione e obiettività. Del resto, persino gli EDP (centro elaborazione dati, *n.d.r.*) manager si sforzano di precisare con chiarezza booleana anche le problematiche aziendali più intricate.

Eppure quella che gli inglesi usano chiamare "fuzzy logic" -ossia logica dell'indeterminazione, della probabilità o dell'incertezza- sta diventando una variabile da prendere sempre più in considerazione nello sviluppo dei nuovi sistemi informativi ed è qualcosa che ha originato addirittura un'innovativa matematica, la matematica dell'imprecisione.

L'inclusione di principi di fuzzy logic nell'analisi dei sistemi permette uno sviluppo più rapido delle applicazioni e consente di automatizzare aree aziendali che fino a ieri non erano ritenute razionalizzabili a causa dell'indeterminazione dei parametri operativi.

Applicazioni di tipo assicurativo o finanziario e programmi di valutazione del rischio o delle opportunità generalmente impiegano diversi parametri, per lo più non certissimi e d'interpretazione piuttosto vaga e comunque non facilmente implementabili con algoritmi deterministici, come quelli cui siamo abituati nell'area gestionale. Usando un po' di fuzzy logic, si può insegnare a un programma di considerare una proposta di assicurazione come "abbastanza buona" o "piuttosto rischiosa" senza infarcire il software con una serie infinita di "if".

La logica dell'indeterminazione è oggi lo strumento potenzialmente più idoneo a portare i programmi e i calcolatori ancor più vicini agli uomini, per il modo di pensare e di prendere decisioni. In prospettiva globale, pensare a

* Articolo tratto da Computerworld, 19 settembre 1991

** Fondatore della Knowledge Based Technologies, una software house specializzata in sistemi esperti e logiche fuzzy.

*** Presidente della Goetz Associates, un'istituto di consulenza informatica.

procedure "fuzzy" non è nemmeno qualcosa di fantascientifico, poichè non sono richieste macchine particolari o tecnologie incredibili: il normale patrimonio tecnologico di un qualunque centro di calcolo è, infatti, perfettamente adatto allo scopo.

Ciò che invece deve cambiare è la "testa pensante" del centro EDP e il modo in cui si è sempre stati abituati a concepire lo sviluppo delle applicazioni. Tutti siamo soliti ragionare in termini rigidamente dicotomici: "Se A è

maggiore di B, allora fai questo; in tutti gli altri casi fai quest'altro". Poichè questo modo di agire non è naturale, i programmatori si trovano costretti a farlo, qualche volta con notevole sforzo di apprendimento.

Tutto il lavoro del centro EDP consiste nell'adattare alla logica binaria del "sì" e del "no" le sfumature della vita aziendale e l'infinita articolazione di un mondo dove i termini "pochi", "tanti" o "abbastanza" hanno poco senso per un calcolatore.

La logica dell'incerto o del non quantificabile -descritta per la prima volta nel 1965 da Lofti Zadeh, professore della Berkeley University della California- ha in sé il potenziale per superare una simile costrizione, permettendo al computer di ragionare in un modo più familiare all'essere umano. Non solo, è anche probabile che con un po' di fuzzy logic le consuete macchine gestionali di uso quotidiano siano anche in grado di dare risposte probabilistiche a domande poste da un utente che utilizzi il linguaggio naturale come strumento d'interazione.

UN CASO IPOTETICO

Uno dei campi in cui la logica dell'indeterminazione può essere meglio applicata è lo sviluppo di applicazioni in cui risulti pressochè scontata l'incertezza di coloro che pongono le domande al sistema. Un esempio classico potrebbe essere lo schedario giudiziario di una stazione di polizia, cui si rivolge una giovane scippata.

La ragazza è stata avvicinata alle spalle, ha sentito il classico strattone e ha poi visto il malvivente involarsi di corsa con la sua borsetta. La descrizione che la giovane dà del suo scippatore è più o meno questa: "Un uomo abbastanza alto, non molto grosso e non particolarmente giovane".

Come "traduzione" di questa valutazione soggettiva è possibile formulare una query "fuzzy" di questo genere: "Seleziona il nome e la fotografia di un individuo maschio moderatamente alto, non molto pesante e abbastanza avanti con gli anni, secondo il parere di una giovane ragazza".

Il database potrebbe rendere come risposta la fotografia dei signori Bianchi (0,92 di probabilità), Rossi (0,87), Verdi (0,55) e Gialli (0,42) sulla base dei dati contenuti nel computer che danno le seguenti caratteristiche per i sospettati: Bianchi (1,75 m, 56 anni, 76 kg), Rossi (1,69 m, 50 anni, 68 kg), Verdi (1,58 m, 49 anni, 50 kg) e Gialli (1,78 m, 61 anni, 90 kg).

Ecco dimostrato come un procedimento "fuzzy" possa facilitare enormemente la comunicazione e l'ottenimento di risultati in tutti i casi in cui sia possibile specificare una grande quantità di dettagli in maniera non specifica e precisa.

UN'OCCHIATA ALLA TEORIA

La fuzzy logic ha una storia relativamente recente e per capire il suo potenziale è opportuno dare un'occhiata più da vicino al patrimonio teorico che sta alla sua base, a cominciare dalla nozione che "non è detto che un certo elemento appartenga o non appartenga ad un determinato insieme". In realtà può capitare che un elemento appartenga "in parte" a un insieme.

Un esempio abbastanza classico è il concetto di "uomo alto": tutti noi metteremmo senza esitazione un uomo alto due metri nell'insieme degli uomini alti e un uomo alto un metro e mezzo nell'insieme degli uomini bassi. Si può quindi affermare che esiste una certa nozione di cosa è un "uomo alto" e di cosa è un "uomo basso". Fin qui il discorso è molto semplice, ma che cosa fare di due uomini alti un metro e ottanta e un metro e settantacinque? A quale insieme appartengono? E di conseguenza, qual è l'altezza sotto la quale un uomo smette di essere un "uomo alto"? Non esistono risposte deterministiche a questo quesito, perchè un

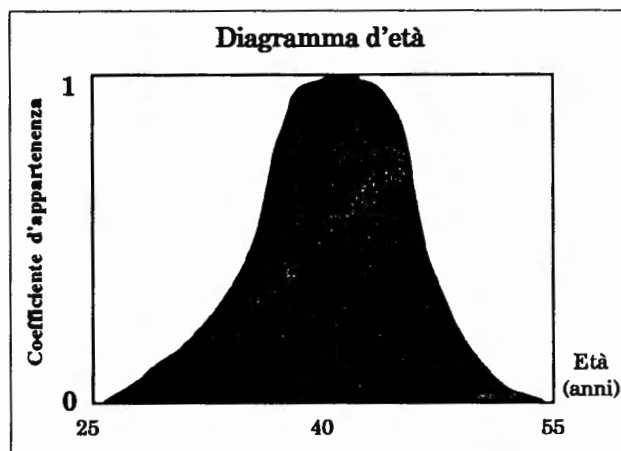
giocatore di basket alto un metro e novantacinque è un "uomo basso" ed è appunto ciò che volevamo dimostrare. L'insieme degli uomini alti non è un insieme determinabile in maniera precisa ("crisp", dicono gli inglesi), ma è un insieme indeterminato ("fuzzy"). Per tutti gli insiemi di questo genere non ha quindi senso chiedersi se un certo elemento appartenga o meno all'insieme; ha invece più senso capire "per quale percentuale" l'elemento appartenga all'insieme. In genere si suole dare il valore "0" a un elemento che non appartiene per nulla all'insieme (un uomo alto un metro e sessanta rispetto all'insieme degli uomini alti) e il valore "1" a un elemento che appartiene interamente all'insieme (un uomo alto due metri). Tutti gli elementi intermedi avranno una percentuale di appartenenza, che potrebbe essere "0,5" per chi è alto uno e sessantotto e "0,75" per chi è alto uno e ottanta.

Il livello di appartenenza all'insieme degli uomini alti può essere rappresentato con un grafico, che riporta sull'asse orizzontale la progressione delle altezze e sull'asse verticale la percentuale di appartenenza all'insieme. Una retta di riferimento sulla quale mappare le altezze dei vari individui considerati fa da guida nella determinazione del loro livello di appartenenza all'insieme.

Un altro esempio, un po' più complesso, può essere quello relativo al concetto di "uomo di mezza età".

Qui le cose sono intricate perchè la mezza età è uno stato transitorio, nel quale si entra a un certo stadio della vita e dal quale si esce alcuni anni dopo. Un modo di ragionare deterministico non può accontentarsi della definizione di "uomo attorno ai quarant'anni", ma deve mettere dei limiti ben precisi, diciamo dai trenta ai cinquant'anni, una definizione che fa sì che nell'insieme delle persone di mezza età possano tranquillamente trovarsi padre e figlio.

Se invece si osserva il diagramma d'età, si può vedere come, usando tecniche di fuzzy logic, l'insieme degli uomini di mezza età sia delimitato assai più precisamente dall'area de-



finita dalla curva. Anche qui abbiamo sull'asse orizzontale l'età e sull'asse verticale il coefficiente di appartenenza all'insieme. Scorrendo la curva, si vede che un uomo di 25 anni ha un coefficiente di appartenenza all'insieme pari a "0", mentre uno di 35 appartiene all'insieme degli uomini di mezza età per un valore pari allo "0,50", fino al massimo della curva che comprende tutti gli uomini di 40 anni, che sono in pieno nella mezza età (quindi hanno valore 1). Oltre questo valore, la percentuale torna a calare perchè gli individui si avviano verso la vecchiaia (non si dovrebbe dire, ma ...).

Le curve che abbiamo mostrato sono di fatto le più semplici, ma possono essere variamente complicate facendo entrare nel conto anche valori più sfumati e legati alla sensibilità personale: un uomo di trent'anni non accetterà mai di essere definito di mezza età e questa valutazione può entrare come fattore correttivo della curva base per tutte le applicazioni che dovessero richiederlo.

NUOVA SEMANTICA

Al di là delle questioni teoriche, a cosa può servire un'applicazione che faccia uso di fuzzy logic in ambiente commerciale? Se si pensa a una query fatta su un database relazionale intesa a scoprire non "tutti gli uomini sopra i cinquant'anni e sopra il metro e ottanta", ma "tutti gli uomini anziani e alti" -che è il modo in cui è probabile che l'interrogazione venga formulata da una persona assolutamente a digi-

ESERCIZI DI ECONOMIA AZIENDALE

Grande invenzione i database. Ci permettono di registrare e recuperare miriadi di informazioni velocemente ed efficientemente. L'unico problema è che spesso richiedono all'utente di padroneggiare un linguaggio che, se non è molto complicato, è sempre piuttosto preciso e necessita di una quantità di parametri a volte anche notevole.

Questo è tipicamente l'ostacolo che fa sbuffare i dirigenti che non hanno tempo (o voglia) di imparare ciò che ritengono solo un'astruseria da tecnici o comunque un qualcosa di disdicevole. La fuzzy logic può essere la risposta a questi problemi, insieme a quelli più oggettivi che derivano da tutti quei casi in cui si deve interrogare un database di grandi dimensioni e di accesso pubblico (quotidiani di borsa, listini dei cambi, mercati internazionali, banche dati specializzate eccetera).

Un sistema capace di gestire la logica dell'indeterminazione è poi anche in grado di alleviare al professionista il peso di dover ragionare in termini booleani ogni qual volta ci sia da aggiungere un AND o un OR, per non parlare del concetto che logicamente viene espresso con OR NOT e che invece va scritto AND NOT, come ben sanno tutti i programmatori.

Per provare la realtà delle nostre affermazioni facciamo qualche esercizio di economia aziendale, utilizzando come database di riferimento un ipotetico elenco di aziende, per ognuna delle quali conosciamo il nome, il rapporto profitti/fatturato, il fatturato, il profitto, il numero di prodotti in catalogo e il numero degli addetti al commerciale. Usando questo database, la società XYZ sta cercando un partner ideale con cui concordare un'acquisizione.

In primo luogo i dirigenti della XYZ si concentreranno sui dati di fatturato e indicheranno nelle società con un fatturato maggiore di 600 milioni di lire il candidato ideale. L'esperto informatico scriverà quindi una query SQL capace di trovare questa società: `SELECT COMPANY WHERE REVENUE > 600`. Questa query porterà agli occhi dei richiedenti i dati delle società D, E, F, G, H e I, ma trascurerà -correttamente- la società C che ha un fatturato di 599 milioni di lire. Ciò risulterà corretto dal punto di vista tecnologico, ma dal punto di vista del dirigente che ha interrogato il database probabilmente una differenza di questo genere non apparirà molto significativa, soprattutto se gli altri parametri finissero poi con il dimostrare la migliore candidatura dell'azienda C.

Per superare il problema emerso nel nostro esempio è lecito fare ricorso a principi della fuzzy logic, che, ricordiamo, possono permettere di ottenere risposte concettualmente significative e precise anche in casi in cui la formulazione delle richieste informative avvenga mediante l'indicazione di parametri qualitativi e non quantitativi (`REVENUE > 600`).

Si creerà, quindi, un insieme cui apparterranno per lo 0% le aziende con un fatturato inferiore ai 550 milioni di lire e per il 100% le aziende con più di un miliardo e mezzo di lire di giro d'affari. La parola chiave per designare l'appartenenza a questo insieme sarà "PROFITTI ALTI". Sottoponendo poi al database una query "fuzzy" del tipo

`SELECT COMPANY WHERE FATTURATO IS ALTO`, si otterrà un risultato che comprenderà sì le stesse società di prima, ma con l'aggiunta anche della società C.

Chi ha formulato la query avrà ora di fronte a sé il risultato, completo di percentuali di appartenenza di ciascuna società all'insieme identificato. Cosa è successo? La spiegazione è semplice: qualcuno ha definito i limiti dell'insieme considerato e ha dichiarato che tutti coloro che appartengono a quell'insieme sono, in percentuale maggiore o minore, catalogabili come aziende a FATTURATO ALTO.

Il lettore attento, a questo punto, potrebbe sottolineare come alla fin fine si tratti sempre di una decisione presa dagli uomini, che hanno definito i limiti di appartenenza all'insieme indicando alla macchina dati ben precisi; la logica dell'indeterminazione è stata poi applicata solo all'interno di questi limiti "umani".

E' una critica perfettamente corretta e da non sottovalutare, perché anche nei sistemi "fuzzy" l'intervento umano gioca la sua importanza e una valutazione errata dei limiti può rendere inutile e priva di logica ogni ricerca ulteriore.

Il punto centrale è proprio questo: il ragionamento della macchina può essere indeterminato solo all'interno dei limiti comunque precisati, tramite i quali "scalare" l'appartenenza degli elementi all'insieme. Un fatto che però di per sé riveste una notevole importanza. Quando una ricerca su un database recupera un'enorme serie di record, spesso è difficile stabilire quali record siano da analizzare con più attenzione e questo è un difetto della logica tradizionale. Un procedimento basato su principi di fuzzy logic può allora aiutare moltissimo, poiché ogni record che viene recuperato risulta completato con la sua percentuale di appartenenza all'insieme delimitato dalla query o su cui la query ha lavorato.

Infiniti sono, a questo punto, i metodi per migliorare l'attendibilità di una query. Si può, per esempio, riorganizzare dinamicamente il limite dell'insieme (se si scopre che il limite di 550 milioni è troppo basso per far scendere un'azienda nel novero di quelle con FATTURATO ALTO). Modificando solo i limiti dell'insieme, la stessa query sottoposta prima darà risultati diversi però sempre coerenti con gli intendimenti di chi l'ha studiata.

Se, invece, i limiti dell'insieme sono ritenuti corretti, si possono variare i predicati della query per ottenere risultati più ristretti, per esempio aggiungendo indicazioni relative al rapporto profitti/fatturato o alla percentuale assoluta di redditività.

Creare in una banca dati insiemi "fuzzy" significa mettere a disposizione degli interroganti nuovi strumenti semantici per ottenere informazioni. In altre parole, con l'applicazione dei principi della fuzzy logic, chi si metterà davanti al terminale non avrà a che fare solo con "un certo numero di record", ma anche con una valutazione in merito alla loro appartenenza a un insieme predefinito e, si spera, aderente agli schemi concettuali dell'interrogante, che potrà quindi lavorare con il suo naturale linguaggio.

no di conoscenze sulla logica binaria-, la risposta appare ovvia.

Per passare dalla teoria alla pratica è necessario definire una serie di "delimitatori" o "hedges", cioè un aggregato di valori e definizioni che aiuti a precisare i contorni di un insieme indeterminato, attraverso approssimazioni, diluizioni e anche inversioni di alcuni concetti. Ecco allora che delimitatori del tipo "all'incirca", "attorno" e "sopra" sono impiegati per approssimare, "molto" per intensificare e "piuttosto che" per invertire il senso di appartenenza a un insieme, così come "non".

Con l'aggiunta di questi delimitatori si può ulteriormente dare forma alla query di cui abbiamo accennato prima, facendola diventare "seleziona tutti gli uomini piuttosto alti e non molto vecchi", che potrebbe essere esattamente la query sottoposta dal responsabile della polisportiva aziendale che vuole capire se riuscirà a formare una squadra di pallacanestro per il prossimo torneo del CRAL.

FUZZY LOGIC NELLE AZIENDE

La logica dell'incerto può letteralmente rivoluzionare le procedure gestionali del centro EDP aziendale. Quelli che seguono sono solo alcuni esempi.

- **Information retrieval.** Oggi i manager che stanno, per esempio, effettuando un'analisi della concorrenza sono per prima cosa costretti a creare una serie di indicatori precisi per qualificare determinate variabili, come "la rapidità di crescita dei profitti", "il crescere del costo del lavoro" eccetera.

Con un po' di fuzzy logic questo passo potrebbe essere tranquillamente saltato, tanto che, al momento di studiare la posizione dell'azienda rispetto alla concorrenza, sarebbe sufficiente chiedere al database aziendale i dati di budget relativi alle aziende "il cui fatturato stia crescendo rapidamente e per le quali il rapporto fatturato/profitti risulti alto".

Ciò è sicuramente più naturale e si sposa meglio con il modus operandi dei manager.

- **Costruzione di sistemi esperti.** Il modo con cui si costruiscono solitamente i sistemi esperti prevede a un certo punto l'implementazione della base di conoscenza, un processo cui si applicano da una parte l'esperto umano, sul cui modello viene costruito il sistema, e dall'altra il cosiddetto "ingegnere della conoscenza", il cui compito consiste nel tradurre in valori fissi e regole deterministiche la conoscenza dell'esperto. Il problema è che gli esseri umani non si esprimono mai in termini assoluti, soprattutto per quanto riguarda la loro esperienza, e quindi il processo di mappatura della base di conoscenza è spesso approssimativo. Riuscire ad esprimere principi d'inferenza in maniera "fuzzy" sarebbe, quindi, di grande beneficio.

- **Manutenzione e sviluppo delle applicazioni.** Attualmente quasi la metà della manutenzione ordinaria dei sistemi gestionali si rende necessaria per allinearli con le mutate condizioni dell'attività aziendale. Molte di queste operazioni consistono nel modificare valori di tabelle e coefficienti fissi.

Sistemi sviluppati con principi di fuzzy logic possono ridurre enormemente questi aggiornamenti, sostituendo fin dal principio valori deterministici con principi vaghi, aggiornabili "in corso d'opera" al mutare delle condizioni operative.

