

Introduzione alla logica fuzzy*

1 Introduzione

I computer lavorano con numeri precisi e ragionano secondo regole precise. Questo può essere un grosso problema quando si ha a che fare con dati (input) provenienti dal mondo esterno, poiché questi sono spesso imprecisi e nei ragionamenti si ha spesso a che fare con regole non completamente definite. Nella logica classica un predicato (una frase) può essere o vera o falsa. Non esistono vie di mezzo. Un uomo è alto oppure no, un oggetto è rosso oppure no e così via.

Un tentativo di risolvere questo problema è stato proposto da Lotfi Zadeh, il padre della logica fuzzy (logica sfumata). La logica fuzzy è il tentativo di generalizzare la logica classica avvicinandola al modo di pensare umano. In logica fuzzy, dunque, non si specifica che un uomo misura 1.70 m. di altezza, bensì che è **alto** o **basso** o, ancora, che è *abbastanza* alto. Gli estimatori della logica fuzzy insistono molto sulla sua facilità di utilizzo e sul fatto che si avvicina molto più al ragionamento umano rispetto alla logica classica. Avendo un computer che ragiona in questo modo, infatti, è facile per chiunque impartire ordini, perché per farlo è sufficiente conoscere il linguaggio naturale e non linguaggi di programmazione.

2 Insiemi fuzzy

Per comprendere l'idea che sta alla base della logica fuzzy, è necessario riferirsi al concetto di insieme fuzzy.

Un insieme fuzzy è un'estensione dei normali insiemi a cui siamo abituati a pensare. Un insieme è di solito un gruppo di oggetti che hanno qualcosa in comune (fig. 1). Mettiamo che esista un insieme **persone_alte**. Una persona, nella teoria degli insiemi classica, può appartenere a questo insieme, oppure no. Non esistono vie di mezzo.

Possiamo considerare un insieme come una lista di appartenenze, così, nel caso in esempio, sarà Paolo: sì; Luca: no; ecc.. Possiamo rappresentare questo con delle frecce verso l'insieme per le persone che appartengono all'insieme (fig. 2).

In un insieme fuzzy ad ogni persona verrebbe dato, al posto di una appartenenza completa o nulla, un cosiddetto grado di appartenenza (fig. 3), che è un valore nell'intervallo $[0 - 1]$ (che possiamo considerare una percentuale con 1 a rappresentare 100%, cioè appartenenza completa, e 0 che indica la non appartenenza). Dunque, ad esempio, una persona potrà appartenere all'insieme persone alte con grado di appartenenza 0.72 (oppure, che è lo stesso, 72%).

*Questo testo è una parziale rielaborazione di contributi reperibili ai seguenti siti: http://it.wikipedia.org/wiki/Logica_fuzzy e www.ildiogene.it/EncyPages/Ency=fuzzylogica.html (visitati il 6 aprile 2005).

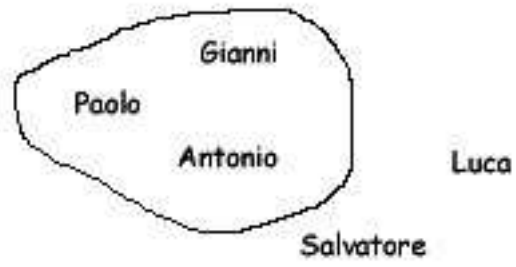


Figura 1: Un esempio di insieme 'classico'.

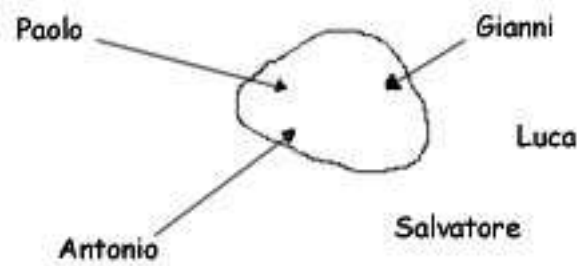


Figura 2: L'appartenenza ad un insieme 'classico'.

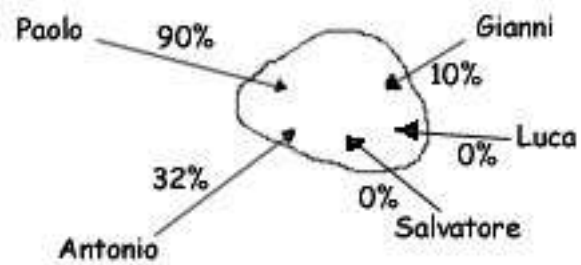


Figura 3: L'appartenenza ad un insieme fuzzy.

Si può quindi comprendere la differenza tra logica “tradizionale” a due valori (vero e falso) e la logica fuzzy facendo riferimento alla differente interpretazione di appartenenza ad un insieme. Una proposizione nella logica tradizionale è vera oppure è falsa (*tertium non datur*: non ci sono altri possibili valori oltre al vero e il falso) e non è possibile che sia vera e falsa contemporaneamente (principio di *non contraddizione*: non è possibile che una proposizione sia contemporaneamente vera e falsa). Questo concetto può essere compreso definendo l’appartenza in termini di “tutto o niente”. Nella logica fuzzy, invece, una proposizione può essere “vera al 70%” (e quindi “non vera al 30%”); quindi, in un certo senso, la logica fuzzy permette di violare il principio del terzo escluso e il principio di non contraddizione.

3 Il controllo fuzzy

Una delle applicazioni di maggiore successo della logica fuzzy è lo sviluppo di sistemi esperti e sistemi di controllo in cui la conoscenza è espressa mediante regole fuzzy.

Il controllo fuzzy (fuzzy control in inglese) è l’applicazione della logica fuzzy al controllo, cioè al comportamento di un agente che riceve certi input. Le entità che hanno a che fare con un controllo sono generalmente gli ingressi (i sensori, gli input) e le azioni che possono essere intraprese in risposta a tali ingressi. Nel controllo fuzzy gli ingressi sono input fuzzy, cioè non precisi. Dunque non avremo “la temperatura è 15C”, bensì “fa caldo”, “fa molto caldo”, ecc. Tali input vengono processati usando le regole fuzzy (chiamate in inglese fuzzy rules, che possono essere descritte mediante un linguaggio naturale, ad esempio: “SE fa caldo, ALLORA abbassa la temperatura”), dopodiché il risultato di tutto il processo viene “defuzzificato” (cioè reso di nuovo un valore preciso) e l’output utilizzato per il controllo (ad esempio, appunto, abbassare la temperatura).

4 Storia

Nei primi anni ’60, Lotfi A. Zadeh, professore all’Università della California di Berkeley, molto noto per i suoi contributi alla teoria dei sistemi, cominciò ad avvertire che le tecniche tradizionali di analisi dei sistemi erano eccessivamente ed inutilmente accurate per molti dei problemi tipici del mondo reale. L’idea di grado d’appartenenza, il concetto divenuto poi la spina dorsale della teoria degli insiemi sfumati, fu da lui introdotta nel 1964, e portò in seguito, nel 1965, alla pubblicazione di un primo articolo, ed alla nascita della logica sfumata. Il concetto di insieme sfumato, e di logica sfumata, attirò le aspre critiche della comunità accademica; nonostante ciò studiosi e scienziati di tutto il mondo – dei campi pi diversi, dalla psicologia alla sociologia, dalla filosofia all’economia, dalle scienze naturali all’ingegneria – divennero seguaci di Zadeh.

In Giappone la ricerca sulla logica sfumata cominciò con due piccoli gruppi universitari fondati sul finire degli anni ’70: il primo era guidato, a Tokio, da T. Terano e H. Shibata, mentre l’altro si stabilì a Kanasai sotto la guida di K. Tanaka e K. Asai. Al pari dei ricercatori americani, questi studiosi si scontrarono, nei primi tempi, con un’atmosfera fortemente avversa alla logica fuzzy. E tuttavia, la loro tenacia e il duro lavoro si sarebbero dimostrati estremamente fruttuosi dopo un decennio: i ricercatori giapponesi, i loro studenti, e gli studenti di questi ultimi produssero molti importanti contributi sia alla teoria che alle applicazioni della Logica Fuzzy.

Nel 1974, Seto Assilian ed Ebrahim H. Mamdani svilupparono, in Gran Bretagna, il primo sistema di controllo di un generatore di vapore, basato sulla logica fuzzy. Nel 1976, la Blue Circle Cement e il SIRA idearono la prima applicazione industriale della logica fuzzy, per il controllo di una fornace per la produzione di cemento. Il sistema divenne operativo nel 1982.

Nel corso degli anni '80, diverse importanti applicazioni industriali della logica fuzzy furono lanciate con pieno successo in Giappone. Dopo otto anni di costante ricerca, sviluppo e sforzi di messa a punto, nel 1987 S. Yasunobu ed i suoi colleghi della Hitachi realizzarono un sistema automatizzato per il controllo operativo dei treni metropolitani della città di Sendai. Un'altra delle prime applicazioni di successo della logica fuzzy è un sistema per il trattamento delle acque di scarico sviluppato dalla Fuji Electric. Queste ed altre applicazioni motivarono molti ingegneri giapponesi ad approfondire un ampio spettro di applicazioni inedite: ciò ha poi condotto ad un vero boom della logica fuzzy.

Una tale esplosione era peraltro il risultato di una stretta collaborazione, e del trasferimento tecnologico, tra Università ed Industria. Due progetti di ricerca nazionali su larga scala furono decisi da agenzie governative giapponesi nel 1987, il più noto dei quali sarebbe stato il Laboratory for International Fuzzy Engineering Research (LIFE). Alla fine di gennaio del 1990, la Matsushita Electric Industrial Co. diede il nome di "Asai-go" (moglie adorata) Day Fuzzy alla sua nuova lavatrice a controllo automatico, e lanciò una campagna pubblicitaria in grande stile per il prodotto "fuzzy". Tale campagna si rivelò un successo commerciale non solo per il prodotto, ma anche per la tecnologia stessa. Il termine d'origine estera "fuzzy" fu introdotto nella lingua giapponese con un nuovo e diverso significato – intelligente. Molte altre aziende elettroniche seguirono le orme della Panasonic e lanciarono sul mercato, tra l'altro, aspirapolvere, fornelli per la cottura del riso, frigoriferi, videocamere (per stabilizzare l'inquadratura sottoposta ai bruschi movimenti della mano), e macchine fotografiche (con un autofocus più efficace). Ciò ebbe come risultato l'esplosione di una vera mania per tutto quanto era etichettato come fuzzy: tutti i consumatori giapponesi impararono a conoscere la parola fuzzy, che vinse il premio per il neologismo dell'anno nel 1990. I successi giapponesi stimolarono un vasto e serio interesse per questa tecnologia in Corea, in Europa e, in misura minore, negli Stati Uniti, dove pure la logica fuzzy aveva visto la luce.

La logica fuzzy ha trovato parimenti applicazione in campo finanziario. Il primo sistema per le compravendite azionarie ad usare la logica sfumata è stato lo Yamaichi Fuzzy Fund. Esso viene usato in 65 aziende e tratta la maggioranza dei titoli quotati dell'indice Nikkei Dow, e consiste approssimativamente in 800 regole. Tali regole sono determinate con cadenza mensile da un gruppo di esperti e, se necessario, modificate da analisti finanziari di provata esperienza. Il sistema è stato testato per un periodo di due anni, e le sue prestazioni in termini di rendimento hanno superato l'indice Nikkei Average di oltre il 20%. Durante il periodo di prova, il sistema consigliò *sell*, ossia *vendere*, ben 18 giorni prima del Lunedì Nero (19 ottobre 1987): nel corso di quel solo giorno l'indice Dow Jones Industrial Average diminuì del 23%. Il sistema è divenuto operativo nel 1988.

Il primo chip VLSI (Very Large Scale Integration) dedicato alla computazione d'inferenze fuzzy fu sviluppato da M. Togai e H. Watanabe nel 1986: chip di tal genere sono in grado di migliorare le prestazioni dei sistemi fuzzy per tutte le applicazioni in tempo reale. Diverse imprese (e.g., Togai Infralogic, APTRONIX, INFORM) sono state costituite allo scopo di commercializzare strumenti hardware e software per lo sviluppo di sistemi a logica sfumata. Allo stesso tempo, anche i produttori di software, nel campo della teoria convenzionale del controllo, cominciarono ad introdurre pacchetti supplementari di progettazione dei sistemi fuzzy. Il Fuzzy Logic Toolbox per MATLAB, ad esempio, è stato presentato quale

componente integrativo nel 1994.