

Fuzzy Logic

Daniel Graziotin

Tesina Maturità Scientifica 2006 - Liceo Scientifico Europeo Rainerum

Giugno 2006

1 Cos'è la Fuzzy Logic?

La **fuzzy logic**, o **logica sfumata**, o *logica sfocata* è un'estensione della logica booleana, basata su un grado di verità di ciascuna proposizione.

È un ramo dell'intelligenza artificiale che aiuta i computer a dare un'*immagine in chiaroscuro* del nostro mondo incerto

Nasce nei primi anni sessanta, grazie alla pubblicazione di **Lotfi A. Zadeh**, professore dell'Università della California di Berkeley. Il concetto di logica sfumata attirò aspre critiche della comunità accademica; nonostante ciò, studiosi e scienziati di tutto il mondo, dei campi più diversi - dalla psicologia alla sociologia, dalla filosofia all'economia, dalle scienze naturali all'ingegneria - divennero seguaci di Zadeh.

2 Il Problema della logica binaria classica

La Fuzzy Logic nasce dal problema della **non idoneità della logica binaria** quando si descrive il mondo che ci circonda. Essa mette in discussione e modifica il concetto di logica binaria o più comunemente logica, secondo il quale i predicati possono assumere solamente due stati vero e falso. Questa logica è alle basi del funzionamento dei calcolatori.

Il computer ragiona in termini di **"vero"** e **"falso"**, i fatti precisi sono ridotti a successioni di 0 e 1

Chiunque può però valutare quanto possa essere *imprecisa* e non aderente alla realtà che vanta molteplici sfaccettature non considerate o meglio approssimate

con questa lettura.

Il cervello umano ragiona anche su **proposizioni vaghe** e frasi incerte, come "l'acqua é fredda, l'aria é umida, quella persona é vecchia", non descrivibili in termini di vero o falso.

Pensiamo ad un banale esempio. Prendiamo una mela. L'oggetto che teniamo nelle nostre mani é una mela? Ora stacciamone un boccone. L'oggetto che abbiamo in mano é ancora una mela? O no? Diamo ancora un altro morso e cosí via fino a finirla. La mela esiste ancora o é mutata in qualcos'altro o non esiste piú? Dove resta il confine tra mela e non mela? *Tutto intorno a noi é in mutamento*, le cose cambiano la loro identitá. Possiamo identificare ogni cosa con un'etichetta il piú precisa possibile, malgrado i nostri sforzi queste diverranno imprecise mentre le cose cambiano. Questa convinzione che le cose possano essere solo "zero" o "uno" muove fin dall'antichitá. Si pensi alla logica binaria di Aristotele che si riduce ad asserire A o Non-A. Heisenberg dimostró ai fisici come non tutti gli enunciati della fisica siano necessariamente veri o falsi. Bart Kosko chiamo tutto questo il "**problema della non-corrispondenza**: il problema é in chiaroscuro ma la scienza non contempla che il bianco o il nero assoluti." Parliamo sempre in termini di zero o uno ma la veritá sta nella via di mezzo.

Spesso *non esistono modelli matematici* per definire situazioni vaghe: ad esempio, é impossibile definire matematicamente una regola che, data una felpa un po' piú sporca, aumenti un po' la quantitá di detersivo.

Occupandosi di concetti vaghi, come "caldo", o "sporco", é possibile costruire apparati come condizionatori d'aria, lavatrici, e tutti gli apparecchi che oggi sono in grado di prendere decisioni quando é difficile stabilire dei criteri.

I sistemi a Fuzzy Logic, detti **sistemi sfumati**, apprendono le loro regole da esperti, ma quando nessun esperto fornisce le regole, i sistemi di Fuzzy Logic di tipo adattivo sono in grado di ricavarle da soli. In molti campi della ricerca, si puó scoprire che i modelli sfumati, basati sul buon senso, sono piú precisi di rigide regole matematiche

3 Oltre al terzo escluso

Nella teoria tradizionale degli insiemi, un elemento X appartiene o non appartiene ad un insieme A (**legge del terzo escluso**). Nella Fuzzy Logic, invece, gli elementi violano questa legge. Negli insiemi sfumati, un oggetto appartiene ad un insieme **parzialmente**, con un grado di veritá che assume infiniti valori nell'intervallo

[0;1], oltre a poter appartenere a piú insiemi contemporaneamente (Es: per una persona, l'aria puó essere fresca, giusta o calda in varie misure).

3.1 Oltre al terzo escluso ed alla probabilitá

I gradi di sfumatura non sono identificabili con percentuali di probabilitá, perché una probabilitá descrive la possibilitá che qualcosa si verifichi oppure no. C'è quindi grossa differenza tra "ci sono 30 possibilitá su 100 che faccia fresco" e "La mattina é al 30 per cento fresca". Nella seconda proposizione, si annuncia che la temperatura é in una certa misura fresca, ma "giusta" e calda nello stesso momento

4 Il paradosso del Mentitore risolto con la Fuzzy Logic

Grazie alla Fuzzy Logic, si possono risolvere alcuni paradossi dati per impossibili. Ad esempio, il paradosso del mentitore dice che "Il cretese Epimenide afferma che tutti i cretesi sono bugiardi"

Impossibile da risolvere seguendo una logica binaria, risparmiando tutti i passaggi, alla fine si puó solo affermare che Epimede puó mentire o essere sincero

Indicato con V l'enunciato del paradosso del Mentitore, e con $v = 0/1$ il suo valore di veritá binario, si ha, analizzando i due casi possibili:

1) V vera, $v=1 \rightarrow !V$ falsa, $!v = 0 \rightarrow v=1-!v$

2) V falsa, $v=0 \rightarrow !V$ vera, $!v = 1 \rightarrow v=1-!v$

Tenendo presente che il valore di veritá di V coincide con quello della sua negazione $!V$, vale a dire: $v=!v$, si arriva all'equazione logica che esprime questa contraddizione:

$$v=1-v;$$

la cui soluzione é banalmente data da:

$$v=1/2$$

Da ciò si deduce che l'enunciato del paradosso non é né vero né falso, ma é semplicemente una mezza veritá, o una mezza falsitá. Le due possibili soluzioni del paradosso si presentano nella forma contraddittoria A e $\text{non-}A$

La Fuzzy Logic afferma invece che la risposta é per metá vera e per metá falsa. Il 50% dell'affermazione del cretese é vera, mentre il 50% dell'affermazione del cretese é falsa

5 Gli insiemi sfumati

Gli **insiemi sfocati** o **insiemi sfumati** (in inglese **fuzzy sets**) sono un'estensione della teoria classica degli insiemi. Un insieme sfocato é caratterizzato da una funzione di grado di appartenenza, che mappa gli elementi di un universo in un **intervallo reale continuo** $[0;1]$. Il valore 0 (zero) indica che l'elemento non é per niente incluso nell'insieme sfocato, il valore 1 (uno) indica che l'elemento é certamente incluso nell'insieme (questi due valori corrispondono alla teoria classica degli insiemi), mentre i valori tra zero e uno indicano il grado di appartenenza dell'elemento all'insieme sfocato in questione.

La Fuzzy Logic é fondata su regole esprimibili nella forma "Se..allora.." (if..then..) Per costruire un insieme sfumato, si potrebbe partire da un insieme di regole sfumate fornite da un esperto. Data la regola "Se l'aria sembra fresca, allora regolare il motore a bassa velocitá", gli ingressi (temperature) andrebbero sistemati su un asse e le uscite "velocitá" su un altro asse. *Il prodotto di questi insiemi sfumati determina una chiazza sfumata (fuzzy patch)*, ovvero un'area che rappresenta l'insieme di tutte le associazioni che la regola stabilisce tra ingressi e uscite. Tanto piú questa chiazza é *piccola*, tanto é *preciso* l'insieme sfumato. Se "aria fresca" significasse 20 gradi Celsius, l'insieme si ridurrebbe ad una sola riga (nella presentazione verrà fatto un esempio di insieme sfumato)

6 Fuzzy Logic e Ricerca

In Giappone la ricerca sulla logica sfumata cominció con due piccoli gruppi universitari fondati sul finire degli anni '70

Come per i ricercatori americani, anche essi si scontrarono con un'atmosfera avversa a questa particolare logica. Nonostante ciò, essi riuscirono a compiere importanti passi nella ricerca.

Nel 1974, in Gran Bretagna, fu sviluppato il primo sistema di controllo di un **generatore di vapore**, basato sulla logica fuzzy. Nel 1976, invece, fu creata una prima applicazione industriale della logica fuzzy, per il controllo di una *fornace per la produzione di cemento*, che diventó operativa solo nel 1982

Nel corso degli anni ottanta, in Giappone, molteplici applicazioni industriali furono sviluppate. Nel 1987 la Hitachi realizzó un sistema automatizzato per il controllo operativo dei **treni metropolitani** in una città nipponica. Un'altra delle prime applicazioni di successo della logica fuzzy é 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.

Questa esplosione fu aiutata molto da molteplici collaborazioni 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). Nel 1990, la Panasonic 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 è rivelata essere 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, aspirapolveri, 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.

7 Fuzzy Logic e applicazioni moderne

- Sistemi automobilistici come l'ABS
Condizionatori d'aria
- Il motore grafico de "Il Signore degli Anelli", per creare delle armate realistiche
- Videocamere
- Lavatrici e lavastoviglie intelligenti
- Videogiochi

- Filtri di forum e chat, quelli in grado di bloccare parolacce e loro forme derivate (ho potuto sperimentare molto su habbohotel.it)

8 Fonti

- Alla scoperta della Fuzzy Logic... di Giovanelli Simone, Celaschi Matteo e Stillo Alberto
<http://www.ce.unipr.it/people/bianchi/Research/ProgettoFuzzy/home.html>

Alcune fotocopie fornite dall'insegnante

- Logica Fuzzy, autori vari, da http://it.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_logic
- Un riassunto dell'opera di Bellman, R.E. Zadeh, Lofti A.
(1977) Local and fuzzy logics, in J.M.Dunn and G.Epstein (eds.)