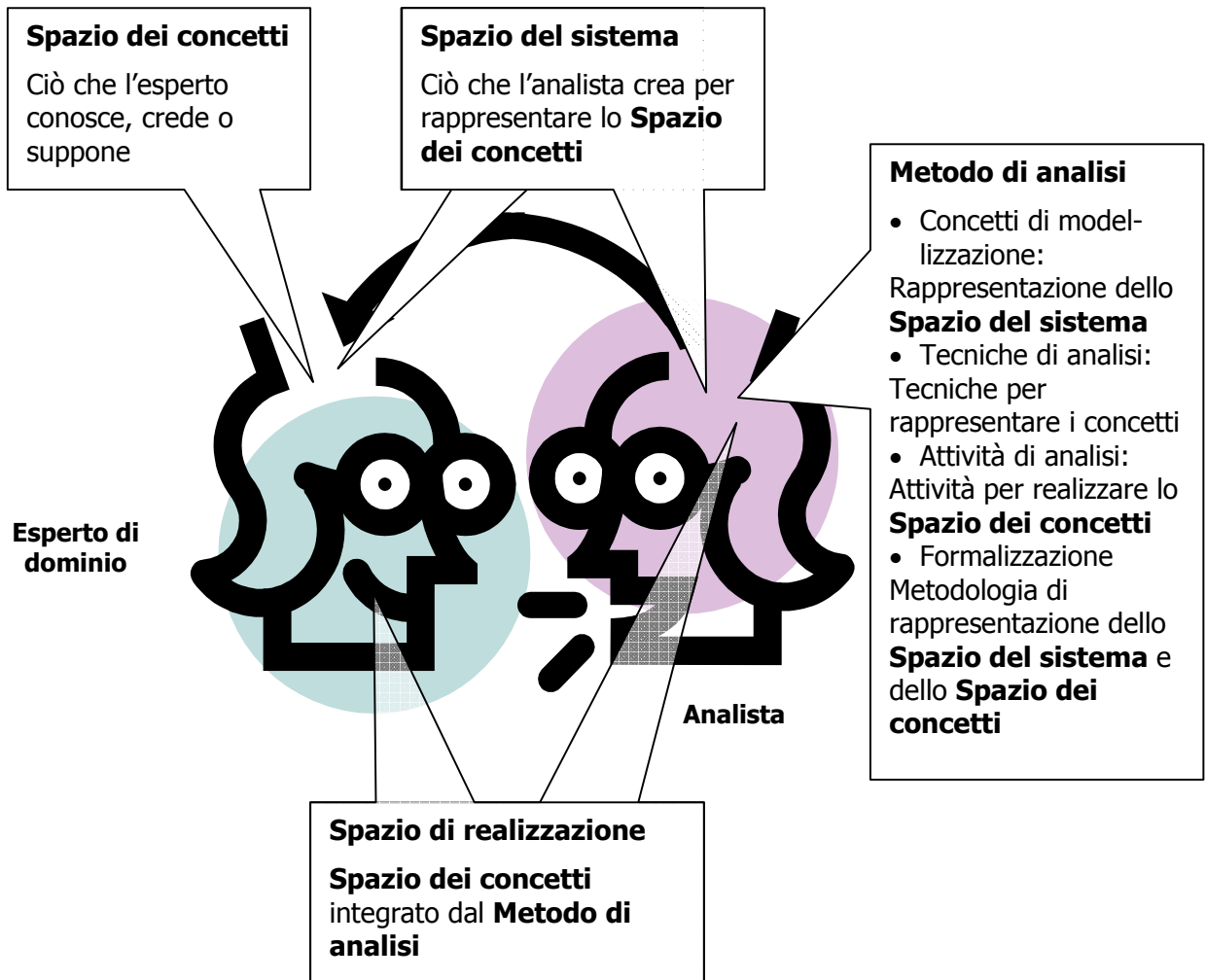


Concetti, paradigma di sviluppo ed esempi per l'utilizzo di sistemi neuro-fuzzy

La realizzazione di un sistema esperto neuro-fuzzy è normalmente un'attività che coinvolge un cliente (o esperto della materia) ed un analista secondo lo schema di interazione ben rappresentato dal seguente disegno (ripreso da Succeeding with objects – A. Goldberg – K. Rubin).



L'utilizzo di FuzzyWorld è in grado di standardizzare gran parte del lavoro che un analista deve svolgere per realizzare un sistema esperto.

Tuttavia, il processo di realizzazione deve seguire un paradigma ben definito per raggiungere il risultato desiderato.

Nelle pagine che seguono viene riassunta l'esperienza maturata in questo tipo di attività per supportare in modo opportuno FuzzyWorld.

La presentazione è suddivisa in tre parti, che nel loro complesso dovrebbero costituire la base per affrontare con successo il non semplice compito di creazione di un sistema esperto neuro-fuzzy:

- Una breve introduzione alle idee e alla teoria della logica fuzzy e dei sistemi esperti
- Un paradigma per lo svolgimento del lavoro
- Un piccolo esempio (scelto senza nessuno scopo specifico) volto a rendere concrete le idee ed i concetti presentati

La presentazione si conclude con alcune osservazioni sull'utilizzo dei fuzzy sets nel settore finanziario, dove l'argomento si è dimostrato molto promettente.

Un altro importante strumento realizzativi è costituito dalla strutturazione di un apposito documento di definizione del progetto, anch'esso facilmente standardizzabile

1. Introduzione alla teoria dei fuzzy sets

Qualunque essere umano, sin dalla più tenera infanzia, si abitua ad agire sulla base di un semplice processo inferenziale nel quale, alla verifica di alcune ipotesi, vengono svolte alcune azioni.

Questo processo, (modellizzabile da una struttura del tipo **SE....ALLORA....**), è stato estensivamente studiato sin dall'antichità, dando origine a una materia (la **logica**) in cui gli antichi greci hanno lasciato un'impronta indelebile.

In tempi più recenti, i fondamenti della logica sono stati arricchiti ed integrati dalla teoria degli insiemi, che ha contribuito a rendere la logica più accessibile e utilizzabile a tutti i livelli, tant'è vero che la teoria degli insiemi è diventata materia di studio sin dalle elementari.

Che cosa è un **insieme** ?

Un insieme è il **raggruppamento concettuale di una pluralità di oggetti** (fisici o concettuali) che **condividono specifiche proprietà**.

Dall'appartenenza di uno specifico oggetto ad un insieme, possono essere dedotte conseguenze che possono (eventualmente) produrre risultati (concreti o ipotizzati).

La struttura logica dell'appartenenza o meno di un oggetto ad un insieme ha condotto (tra l'altro) alla formulazione di espressioni da cui è possibile formulare ragionamenti assai complessi.

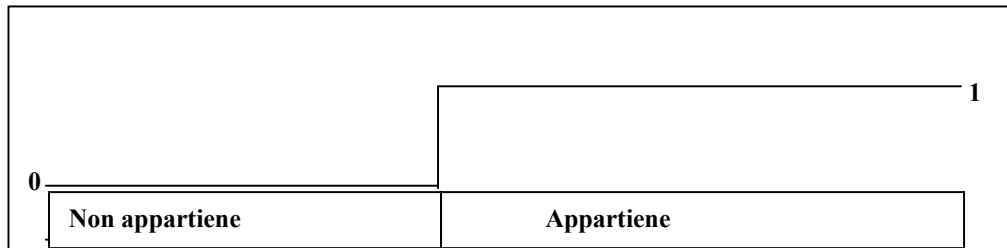
Si pensi al famoso sillogismo di **Socrate**:

L'uomo è mortale
Socrate è un uomo
Socrate è mortale

In questo sillogismo, **uomo** è un insieme in cui si ritrovano tutti gli esseri umani. La proprietà cui siamo interessati è **la mortalità**; il fatto che **Socrate** (uno specifico essere umano) appartenga a questo insieme, ci permette di dedurre che Socrate avrà la proprietà tipica degli uomini e sarà quindi mortale.

Nel mondo occidentale (legato alla cosiddetta logica **aristotelica**) siamo abituati a considerare l'appartenenza o meno di una specifica entità ad un insieme, come una caratteristica binaria: l'entità in discussione appartiene o non appartiene ad un determinato insieme (*tertium not datur* !); se guardiamo la funzione di

appartenenza all'insieme, questa ha un andamento a scalino come indicato nella figura:



In alcuni casi, questa caratteristica impedisce di sfruttare la teoria degli insiemi; si immagini la seguente situazione:

L'uomo sano vive normalmente a lungo
Socrate ha il raffreddore

In questo caso, si può dedurre che Socrate vivrà (normalmente) a lungo ?

La difficoltà è legata all'insieme degli **uomini sani**: chi ha il **raffreddore**, appartiene a questo insieme ?

La teoria degli insiemi tratta con enorme difficoltà le condizioni dove c'è **incertezza**, cioè le situazioni che caratterizzano la vita di tutti i giorni e che rappresentano l'ambito in cui vengono espressi idee e concetti tipici dell'uomo normale, cioè quello che non utilizza sistematicamente il modello scientifico.

Questo aspetto è sottolineato da **Bertrand Russel** (uno dei più grandi logici dell'era moderna), che scriveva:

"Tutta la logica tradizionale assume abitualmente che debbano essere utilizzati simboli [assolutamente] precisi. Non è quindi applicabile alla vita terrestre ma unicamente ad una esistenza celestiale... la logica ci porta più vicini al paradiso di altre discipline"

Da questo punto di vista, il secolo scorso ha dato un grande contributo allo sviluppo di una logica più applicabile alla soluzione dei problemi di tutti i giorni, in grado di affrontare il tema fondamentale dell'**incertezza** (concetto differente di quello di **probabilità**, trattato dall'omonima teoria).

Gli studi su una logica **multi variata** (contrapposta a quella tradizionale, che come abbiamo visto è di tipo **bi-variato**), hanno portato alla formulazione di una nuova teoria, di cui la logica tradizionale è un caso particolare.

Si tratta della logica dei **fuzzy sets** (in italiano: **insiemi sfumati**), in grado di facilitare moltissimo il processo inferenziale tipico dell'applicazione della teoria degli insiemi, affrontando però problemi caratterizzati da situazioni di incertezza come quello del raffreddore di Socrate.

Nella teoria del F.S., l'appartenenza ad un insieme non è più un valore binario (uno = appartiene, zero = non appartiene), ma un valore compreso fra zero e uno.

E' quindi evidente che la teoria dei F.S. è una estensione della teoria tradizionale degli insiemi, dato che nella sua condizione limite la teoria dei F.S. si identifica con quella tradizionale.

Nei suoi valori intermedi, viceversa, con un F.S. è possibile modellizzare l'**incertezza** (o la **vaghezza**, concetto strettamente legato, seppure differente).

Nell'esempio di Socrate, il suo raffreddore lo qualificerebbe ad entrare nell'insieme degli uomini sani con un valore certamente inferiore a uno (di competenza di chi non abbia neppure il raffreddore), ma certamente superiore a zero, di chi risultasse gravemente malato e quindi porterebbe alla negazione della conseguenza.

Si osservi che le caratteristiche della teoria dei F.S., la rendono adatta a rappresentare quantitativamente la vaghezza tipica del linguaggio dell'uomo comune, permettendogli di essere trattata (con relativa semplicità) mediante un opportuno modello matematico.

Al di là quindi dei vantaggi teorici della teoria dei F.S., i suoi vantaggi sono soprattutto pratici, permettendo di applicare la metodologia quantitativa a situazioni esprimibili mediante formulazioni "correnti" che avrebbero richiesto una mole di lavoro enorme (e soprattutto conoscenze specialistiche estremamente complesse) per essere formulate in modo quantitativo.

Questa circostanza è il principale fattore di successo applicativo dei F.S. (applicazioni realizzate soprattutto nei paesi dell'Estremo Oriente) e la loro importanza in un settore ben preciso del dominio informatico dell'intelligenza artificiale e cioè quello dei **Sistemi Esperti**.

2. Cosa è un Sistema Esperto?

Fin dalla loro nascita, gli elaboratori elettronici hanno assunto nell'immaginazione dei non addetti ai lavori il ruolo di strumenti intelligenti in grado di ragionare; ancora oggi, sebbene questi strumenti si siano ormai diffusi a macchia d'olio, non è raro sentirli identificare con l'inqualificabile termine di "cervelli elettronici".

Tuttavia, la maturazione dell'elaboratore ha portato allo sviluppo di un'area particolare che ha l'obiettivo di affrontare e riprodurre le caratteristiche dell'intelligenza umana.

Questa affascinante disciplina ha preso il nome di **Intelligenza Artificiale**, i cui risultati risultano abbastanza controversi.

Per alcuni studiosi i risultati raggiunti dall'I.A. sono tali da aprire grandi prospettive e promettono di riuscire a raggiungere in futuro le caratteristiche tipiche delle proprietà intellettuali dell'essere umano; per altri, la scarsità dei risultati raggiunti dimostra che questo è un sogno impossibile.

Al di là delle discussioni, c'è un'area in cui l'I.A. ha raggiunto risultati di rilievo ed è l'area dei **Sistemi Esperti**.

Per capire cosa è un sistema esperto, occorre chiarire innanzi tutto cosa si intende per **esperto**, inteso come essere umano.

L'esperto umano è una persona che possiede particolari capacità in un dominio (inteso come **attività umana specifica**) che è capace di padroneggiare in modo migliore rispetto alle altre persone, ottenendo in questa attività risultati apprezzati socialmente.

Non è importante né il tipo di attività né la formalizzazione del riconoscimento: qualsiasi persona non esperta nel dominio che voglia migliorare le sue prestazioni nell'area prescelta **deve** riferirsi concettualmente all'esperto per raggiungere questo risultato.

Se qualcuno volesse imparare a guidare le moto ad alta velocità dovrebbe, per esempio, rivolgersi a **Valentino Rossi** per migliorare le sue prestazioni.

Che cosa caratterizza l'esperienza di queste persone?

Una conoscenza del dominio, una capacità di individuare esperienze note da questa conoscenza, ma soprattutto la capacità, in presenza di situazioni sconosciute, di fare scelte corrette sulla base dell'estensione e delle inferenze derivanti dalle conoscenze precedenti.

Immaginiamo ora di non riferirci direttamente all'esperto umano, che ci sia nascosto (per esempio, lo interroghiamo per telefono) ed immaginiamo di ottenere delle risposte alle domande relative al dominio che possiamo rivolgergli e verifichiamo che i suggerimenti che ci vengono forniti abbiano quel contenuto di valore aggiunto che l'esperto ci offre.

E' ovvio che la nostra conclusione sia quella di trovarci a contatto di un esperto.

Immaginiamo ora di volere conoscere il nostro interlocutore al di là del filo e di scoprire che il nostro interlocutore non è un essere umano, bensì un elaboratore elettronico: il software che ha dato delle risposte "esperte" è quello che viene studiato nell'area dell'intelligenza artificiale con il termine di **S.E.**

Osserviamo innanzi tutto che un sistema esperto ha una prima caratteristica fondamentale che lo differenzia totalmente dal software destinato a svolgere elaborazioni "tradizionali": mentre quest'ultimo analizza le informazioni disponibili, eventualmente aumentandone a dismisura la quantità disponibile, il sistema esperto le sintetizza, ricavando poche informazioni come risultato dell'elaborazione.

Un altro aspetto tipico del S.E. è la sua struttura.

Il S.E. è normalmente costituito da due parti, che gli permettono di svolgere l'attività tipica dell'esperto umano:

- **La base di conoscenza**
- **Il motore inferenziale**

La base di conoscenza rappresenta la storia delle esperienze, cioè il patrimonio di conoscenza che permette all'esperto di essere tale.

Questa parte è relativamente statica e gioca la parte dei **data base** nell'ambito dell'elaborazione tradizionale.

La parte realmente "intelligente" è il motore inferenziale: è questa parte che si occupa di gestire situazioni nuove (ovviamente non memorizzate nell'ambito della base di conoscenza), generando conclusioni in grado di affrontarle; la generazione delle risposte è ottenuta applicando lo stesso (concettualmente) processo inferenziale che applica l'esperto alle conoscenze pregresse.

Le regole che il S.E. applica derivano dalla trasformazione in algoritmi delle stesse strutture logiche che utilizza l'essere umano e vengono normalmente memorizzate nell'elaboratore in un insieme di regole del tipo **SE premessa**

ALLORA conseguenza, dove **premessa** e **conseguenza** sono opportune stilizzazioni del dominio a cui il S.E. è applicato.

La realizzazione di un sistema esperto richiede la confluenza di tre tecnologie:

- La tecnologia informatica (destinata a creare la base di conoscenza)
- La tecnologia del dominio di riferimento (dove è contenuta l'esperienza risolutiva)
- La tecnologia logico-matematica (destinata a creare il motore inferenziale)

Di solito, lo sviluppo del motore inferenziale (e le sue implicazioni con la base di conoscenza) sono delegate all'**ingegnere della conoscenza**, una figura di specialista in grado di comprendere i problemi applicativi e con capacità di trasformarli in un modello matematico.

L'introduzione di un approccio basato sui F.S. rappresenta un enorme vantaggio nella creazione di S.E., dato che lo sviluppo della teoria fuzzy rappresenta una vera e propria matematicizzazione del linguaggio comune.

Utilizzando la logica classica, l'esperienza espressa dall'esperto di dominio deve essere "ripulita" da tutta l'ambiguità che talvolta ne costituisce il nucleo fondamentale, deve essere trasformata in un linguaggio di formule ricorrendo a strumenti scientifici tradizionali (normalmente matematica e fisica) e da qui espresse in regole **esclusivamente** di tipo quantitativo.

Se dovessimo ricorrere ancora all'esempio di Valentino Rossi, probabilmente la sua esperienza espressa in forma di "accelera", "frena" e "piega", dovrebbe essere trasformata in equivalenti quantitativi derivanti dalla fisica e questo modello della sua esperienza diventerebbe la base per la guida di una moto: quello che è il valore del pilota (cioè la capacità di sintetizzare le situazioni) verrebbe conservata con grande difficoltà.

Un approccio basato sui F.S. conserverebbe innanzi tutto l'ambiguità delle frasi dell'esperto, permetterebbe di trasformare questa ambiguità in regole dirette espresse mediante la semantica fuzzy, che grazie alla sua base teorica, sarebbe in grado di trasformarle in precise formulazioni matematiche.

Ovviamente, anche nel caso dell'approccio fuzzy, catturare l'esperienza umana non sarebbe un'impresa banale, ma l'integrazione fornita dalla teoria fra valori quantitativi e valore letterale delle parole rappresenterebbe un enorme vantaggio per un più rapido ed efficace sviluppo del S.E.

Il sistema esperto, anziché essere un duro lavoro di trasformazione dell'esperienza in formule matematiche, può diventare invece una componente

delle conoscenze dell'esperto, che potrebbe facilmente ottenerlo applicando sistematicamente un paradigma di sviluppo.

Il paradigma da utilizzare per creare un sistema esperto dal proprio bagaglio di conoscenza viene indicato nel seguito.

3. Il paradigma di sviluppo di un S.E. fuzzy

Trasformare la propria conoscenza in un sistema esperto è abbastanza semplice, una volta che si conoscano i concetti e la nomenclatura basilare della teoria dei F.S.

Il primo passo per creare un S.E.F. è quello di estrarre dalle proprie conoscenze le **variabili linguistiche**.

Per V.L. si intende una variabile (cioè una grandezza suscettibile di essere contata), a cui sia possibile associare dei valori linguistici.

Si supponga che un medico debba valutare per le proprie diagnosi gli anni del paziente: in questo caso, il valore degli anni del paziente vengono ottenuti dalla V.L. **età**.

Se ritorniamo all'esempio di **Valentino Rossi**, si può essere certi che le sue regole comprenderanno la V.L. **velocità**.

Una V.L. è caratterizzata da un **intervallo di variabilità** (tutti i possibili valori che la variabile stessa può assumere), da una unità di misura (mediante la quale la sua variabilità viene misurata) e da un significato semantico, in genere associata al suo nome.

Talvolta (come nei casi precedenti), il suo significato è totalmente auto-esplicativo per tutti coloro che la usano; in altri casi, il suo significato (e la sua unità di misura) debbono essere opportunamente precisati, ma sempre e solo mediante termini assolutamente "semplici" (dove questo termine identifica un vasto uditorio a cui la comprensione si indirizza).

Si supponga ad esempio, di dovere trattare la **bellezza**.

Perché questa possa diventare una variabile letterale occorrerà, ovviamente, una spiegazione di questo termine, una opportuna unità di misura, mediante la quale verrà identificato l'intervallo di variabilità.

La V.L. identificata è il "supporto" per i fuzzy sets.

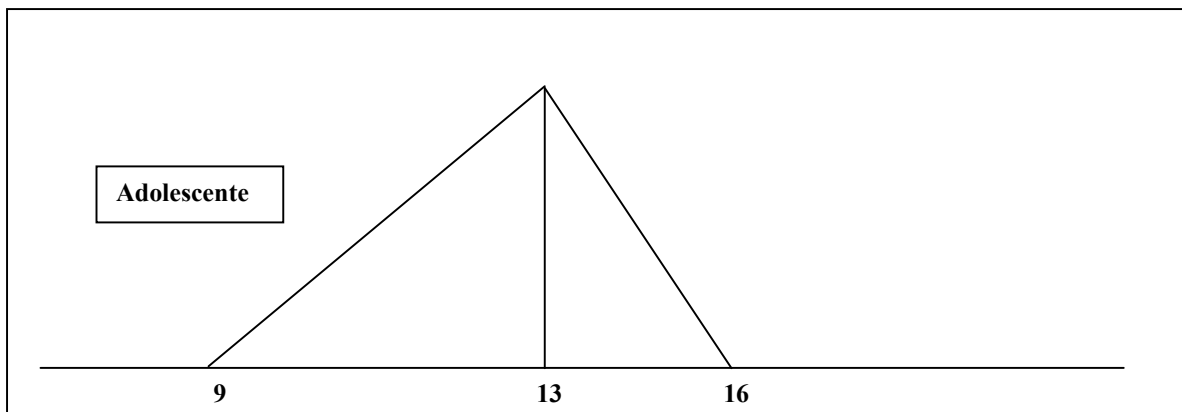
I fuzzy sets di una V.L. identificheranno dapprima delle ripartizioni descrivibili linguisticamente della variabile (ad esempio, per l'**età**: **bambino**, **adolescente**, **adulto**, **anziano** e **vecchio**), che verranno collocati in opportuni intervalli numerici della V.L.

La caratteristica di questi F.S. è di non essere rappresentati (normalmente) a scalini (come gli insiemi tradizionali), ma mediante un opportuna gradazione dei possibili valori.

Questa gradazione varia in continuità fra 0 (non appartenenza all'insieme) e 1 (totale appartenenza all'insieme).

Si supponga di dovere rappresentare l'insieme degli **adolescenti** all'interno della V.L. **età**: supponiamo che l'età tipica dell'adolescente sia 13 anni (la proprietà da utilizzare nella logica tradizionale) e che si supponga che l'adolescenza cominci a 9 anni e si concluda a 16.

La rappresentazione grafica dell'insieme degli adolescenti sarà allora la seguente (rispetto alla variabile letterale **età**, che varia, supponiamo, da 3 a 96 anni):



Oltre a questo aspetto di "continuità", i F.S. hanno un'altra, fondamentale proprietà.

Ovviamente, un essere umano non passa istantaneamente dall'insieme **bambino** all'insieme **adolescente**; ci sarà un periodo della V.L. **età** estremamente ambiguo, dove sarà difficile decidere se si sta parlando di un bambino o di un adolescente (la caratteristica ambiguità del linguaggio umano).

Utilizzando gli insiemi tradizionali, a causa del principio del terzo escluso, sarà assai difficile modellizzare questo tipo di circostanza.

Nella teoria dei F.S. (dove non è valido il principio del terzo escluso), sarà facilissimo: il F.S. **bambino** e quello **adolescente**, saranno sovrapposti per l'intervallo di ambiguità; in questo intervallo l'incertezza derivante dalla valutazione potrà essere trattata nel modo più naturale.

Si osservi che la matematicizzazione del linguaggio può essere ulteriormente raffinata associando opportune trasformazioni alla forma base dei F.S.; si supponga di associare l'attributo **molto** al F.S. **bambino**: questo corrisponderà ad un restringimento intorno al valore massimo che lo caratterizza, per cui sarà del tutto semplice identificare un F.S. **molto bambino**, che rappresenterà esattamente il corrispondente linguistico.

I passi precedenti, ripetuti su tutto il dominio a cui si vuole applicare la teoria dei F.S., trasformano la conoscenza in qualcosa di adatto ad essere trattato da un elaboratore.

Ai F.S. che rappresentano il modello della conoscenza vengono applicate le regole di composizione tipiche degli insiemi, che essendo perfettamente definite supporremo codificate con un opportuno programma.

Dati questi elementi, perchè l'elaboratore possa svolgere l'attività dell'esperto, è necessario che questi modellizzi la propria competenza mediante un insieme di **regole**.

Le regole rappresentano il processo di inferenza che l'esperto applica sul dominio e sono composte (come già detto), da due parti: un **antecedente** ed un **conseguente**.

L'antecedente identifica quali condizioni debbono verificarsi perchè l'azione identificata dal conseguente abbia luogo; le regole avranno quindi la seguente struttura:

SE antecedente ALLORA conseguente

Antecedente e conseguente saranno espresse mediante le V.L. identificate ed i F.S. che le compongono nella forma seguente:

variabile letterale IS fuzzy set

Utilizzando l'esempio precedente, avremo una regola del tipo:

SE **età** IS **bambino** ALLORA

Certamente **Valentino Rossi** avrà una regola del tipo:

SE **velocità** IS **molto alta** AND **spazio** IS **poco** ALLORA **frenata** IS **forte**

che mette in evidenza che la formulazione della regola ammette l'utilizzo dei normali connettori logici (**AND**, **OR**, **NOT**), abitualmente utilizzati nella formulazione di qualsiasi frase.

Terminata la fase di definizione delle regole, il nostro S.E. è pronto a funzionare.

L'utente fornirà i valori numerici (**valori crisp**) delle variabili letterali e il S.E. svolgerà due fasi tecniche (che non tratteremo nel dettaglio) e cioè la fase di **fuzzificazione** (che trasforma il valore crisp in grado di appartenenza ad uno o più F.S.) dopo di che il processo inferenziale definito dall'insieme delle regole viene attivato, identificando i conseguenti da applicare; il S.E. è in grado di trasformare nuovamente il risultato ottenuto in un valore crisp mediante un processo di **defuzzificazione**

4. Un esempio di applicazione del paradigma

Lo scenario

Nel settore del Risparmio Gestito, si debba valutare, nell'impostazione di un ipotetico programma di *Customer Retention*, il livello di importanza del cliente per meglio finalizzare le priorità dell'azione marketing e commerciale.

La *Customer Retention* è un'attività complessa che richiede di valutare aspetti diversificati del cliente, che presentano elementi di incertezza che la rendono particolarmente adatta ad essere affrontata mediante un S.E.F.

In particolare, i comportamenti dell'investimento variano in funzione dei cosiddetti "Cicli di vita": l'investitore "**Maturo**" è caratterizzato dal consolidamento della propria attività lavorativa. Il nucleo familiare tende a ridursi. Il patrimonio si accresce per effetto di acquisizione, eredità e donazioni. Il conto economico presenta una crescita nel livello di reddito, nel consumo e nella quota di risparmio ed il patrimonio netto è in crescita.

Tale caratteristiche non sono comunque univoche. Si può ritenere infatti, che lo stesso investitore nell'età tra i 35 e 45 presenti caratteristiche analoghe all'investitore "**Adulto**" cioè quello caratterizzato dallo sviluppo professionale

della propria attività con aspettative di avanzamenti di carriera oppure da cambiamenti di attività lavorativa, il cui nucleo familiare si allarga e che, dal punto di vista del conto economico, presenta un livello di reddito in crescita contemporaneamente al livello di consumo. La quota di risparmio è ancora relativamente bassa. Il patrimonio netto è in crescita.

Un investitore con un'età compresa tra i 55 e i 65 anni, invece, può anche presentare le caratteristiche analoghe all'investitore "**Anziano**" caratterizzato dalla conclusione della propria attività lavorativa, il cui nucleo familiare si è già ridotto e il conto economico presenta una tendenza alla diminuzione, il consumo è invece stabile e la quota di risparmio è ridotta o nulla, con il patrimonio netto conseguentemente stabile o in diminuzione.

E' quindi del tutto naturale identificare come V.L. del ciclo di vita l'**Età**, in cui le precedenti caratterizzazioni possono essere inserite come F.S.

(Si osservi che, nell'esempio considerato, anche se consideriamo sempre la V.L. **Età**, questa è intrinsecamente diversa da quella citata nell'esempio, in quanto i F.S. che la costituiscono sono differenti dai precedenti)

Oltre a valutare il ciclo di vita dell'investitore, appare opportuno identificare il segmento dei clienti il cui patrimonio netto è in crescita. Utilizzando al tal proposito le analisi del Ciclo di Vita si potrebbe ritenere che gli investitori "**Maturi**" siano il segmento di clientela prioritario: il loro patrimonio netto è infatti in crescita insieme con il livello di reddito; si potrà quindi mettere in relazione l'età del cliente con questo aspetto, che identificheremo con la V.L. "**Focus Strategico**", dove l'unità di misura sarà e l'intervallo di variabilità sarà; per quanto riguarda i F.S., questi potranno essere categorizzati in:

- Assolutamente Importante
- Molto Importante
- Importante
- Abbastanza Importante
- Scarsamente Importante

Il modello elementare

Stabilita la relazione fra le due V.L., si potrà procedere alla definizione di regole relative al loro utilizzo.

Si avrà pertanto come **antecedente** la V.L. "**Età**" e come **conseguente** la V.L. "**Focus Strategico**". La struttura delle regole che potremmo avere sarà costituita da un insieme del tipo:

1. IF (**Età IS Maturo**) THEN (**Focus Strategico IS Assolutamente Importante**)

ed ancora:

2. IF (**Età IS Adulto**) THEN (**Focus Strategico IS Molto Importante**)

3. IF (**Età IS Anziano**) THEN (**Focus Strategico IS Importante**)

Nel nostro esempio, nel caso in cui l'investitore abbia un'età compresa tra 45 e 55 anni, il S.E. applicherà la regola 1. Nel caso in cui l'investitore abbia un'età compresa tra 35 e 45 anni, il S.E. applicherà la regola 1. e la regola 2. contemporaneamente mentre, nel caso in cui l'investitore abbia un'età compresa tra 55 e 65 anni, il S.E. applicherà la regola 1. e la regola 3. In questi ultimi casi le regole verranno applicate proporzionalmente al grado di appartenenza allo specifico F.S.

Si osservi che nei casi di incertezza, **tutte** le regole vengono applicate, seppure con un peso che corrisponde al grado di appartenenza al F.S. e che quindi corrisponde al livello di ambiguità della frase; ovviamente questo non accade nella logica tradizionale, dove il principio del terzo escluso causerebbe (in generale e a meno di complicate formulazioni) l'attivazione di **una sola regola**.

Il modello esteso

Volendo completare l'esempio di applicazione nella valutazione del *Customer Rating* al fine di individuare azioni mirate marketing e commerciali, con il nostro S.E., si potrebbe provvedere alla visione integrata degli indicatori di **redditività** del singolo cliente in rapporto al suo **livello di soddisfazione** (due nuove V.L., che dovrebbero essere spiegate e definite nei loro valori e nella loro unità di misura).

La **redditività** potrebbe essere calcolato come funzione della:

- dimensione del patrimonio sottoscritto;
- anzianità del rapporto;
- tipologia del portafoglio;
- dimensione della commissione di sottoscrizione corrisposta e della movimentazione dello stesso portafoglio.

Tale indicatore potrebbe dare risoluzione al problema di valutarne la dimensione della commissione di gestione corrisposta dal cliente in dettaglio nonostante il fatto che il suo calcolo avvenga nella sola forma aggregata per singolo fondo.

La **redditività** potrebbe, insieme ad altre variabili facilmente reperibili dal sistema (età, anzianità del rapporto, dimensione del patrimonio), contribuire alla valutazione del *Rating di focalizzazione strategica* cioè del livello di rispondenza

delle caratteristiche dell'investitore agli obiettivi fissati dalla strategia commerciale.

Il **livello di soddisfazione** determinato in rapporto all'andamento del mercato congiuntamente con i dati del comportamento di acquisto (quota dei rimborsi, versamenti aggiuntivi, sottoscrizione di nuovi prodotti,...) potrebbe inoltre consentire l'identificazione di un indicatore di soddisfazione del servizio/prodotto offerto (*Rating soddisfazione del cliente*) e parallelamente, qualora siano note eventuali azioni della concorrenza potrebbero identificare il *Rating di vulnerabilità* della propria clientela realizzando così uno specifico vantaggio competitivo andandosi a caratterizzare da aspetti distintivi di efficienza e di efficacia e non dalla mera imitazione di prodotto/servizio e dei principali comportamenti diffusi nel settore.

5. Alcune aree di applicazione

La teoria dei F.S. è stata diffusamente applicata in diversi settori e campi di attività. Tra queste si possono annoverare le problematiche connesse ai processi di:

- valutazione e previsione
- controllo
- ottimizzazione
- classificazione

(vedi da pag 176 *Fuzzy System Design & Principles*)

Tra queste aree di applicazioni le più significative hanno riguardato quei processi dove si presentano elevate difficoltà nella trasformazione in modelli matematici per la complessità derivante dalla struttura funzionale non lineare oppure con margini di incertezza piuttosto elevati.

I Fuzzy Set nel settore dei fondi di investimento

Il mercato italiano dei fondi di investimento è caratterizzato come un grande mercato di massa. La propensione al risparmio degli italiani, infatti, è uno dei più importanti al mondo. L'Italia è il terzo paese europeo (dopo Francia e Lussemburgo) per patrimonio investito in fondi e quarto a livello mondiale con 22 milioni di investitori pari al 45% della popolazione

L'evoluzione del mercato italiano del risparmio degli ultimi anni è stata caratterizzata dal progressivo passaggio dal risparmio amministrato (prevalentemente Bot e CCT) verso i fondi di investimento. La crescita dei volumi

della raccolta ha spinto le società del settore ad una esponenziale diversificazione della gamma di prodotti offerti. Un processo di tali dimensioni non poteva realizzarsi senza qualche manifestazione competitiva: da un mercato prevalentemente *captive* si è passati ad una situazione di accentuata dinamica competitiva sviluppata anche attraverso un approccio multicanale: alla concorrenza tradizionale tra gli sportelli bancari si sono aggiunti le reti di Promotori Finanziari e i canali telematici per gli utenti più sofisticati.

La recente turbativa dei mercati e l'accresciuta competizione hanno portato negli ultimi tempi ad una riduzione degli introiti costituiti dalle commissioni di ingresso e dalle commissioni di gestione applicate periodicamente dalle società di gestione.

La pressante competizione e la diminuzione della remunerazione rende necessaria l'adozione contemporanea di politiche di espansione dei volumi attuata tramite servizi innovativi (prodotti multibrand, funds supermarket, financial planning, wealth management portal, ..) e politiche di recupero di efficienza messe in atto da riassetti organizzativi e ricerca di economie di scala.

La crescente diversificazione dell'offerta, la maggior sofisticazione della clientela, l'avvio di canali innovativi e la competizione serrata richiedono un processo di vendita molto innovativo imperniato sulla qualità del servizio offerto. Ciò implica un costante miglioramento del livello di servizio offerto, l'impostazione della struttura a principi di efficacia ed efficienza, uno spiccato e deciso orientamento al Cliente, oltre all'impiego di elevate professionalità e all'introduzione di efficaci strumenti e nuove tecnologie. Un significativo contributo alla realizzazione di tali strategie è rappresentato dall'utilizzo delle tecnologie di gestione dell'informazione sulla clientela (*CRM*) che consentono di raffinare progressivamente la conoscenza del cliente modificando la visione aziendale da product-centrica a customer-centrica.

Purtroppo lo sviluppo di tali applicazioni nello specifico settore presenta una limitata diffusione dovuta principalmente alla complessità del flusso informativo tra la Clientela, le Reti Collocatrici, le Società di Gestione. Le informazioni disponibili riguardano prevalentemente aspetti contabili amministrativi che limitano fortemente lo sviluppo di quei progetti di analisi della clientela realizzabili con l'automazione dei processi di ricerca, di classificazione e di segnalazione degli eventi dominanti le posizioni di investimento fatti dal cliente.

Il processo di investimento prevede due distinti componenti. La prima riguarda l'attività del gestore fatta nelle specifiche aree del mercato finanziario (Equities, Reddito Fisso, Investimenti alternativi,..) secondo le regole stabilite per lo specifico fondo di investimento dalla normativa e dal Prospetto Informativo. La seconda riguarda la configurazione del portafoglio secondo le esigenze e gli

obiettivi propri dell'investitore. Gli strumenti e le metodologie di supporto alle decisioni realizzate nel processo di investimento hanno fatto prevalentemente riferimento a modelli di analisi, a volte anche molto sofisticati, che si sono concentrati sugli aspetti della prima componente: l'attività del gestore.

In realtà gli aspetti dell'investitore presentano una maggiore complessità in quanto ai fattori "oggettivi" che si basano sulla realtà esterna dei mercati finanziari si aggiungono i fattori "soggettivi" e "psicologici" che dipendono dagli obiettivi e dai vincoli personali di ognuno di noi. Una soluzione coerente per efficienza ed efficacia potrebbe essere pertanto molto difficile da individuare anche perché la conoscenza degli strumenti finanziari non è poi particolarmente diffusa.

Ruoli e strutture delle reti di vendita dei prodotti finanziari non sono stati sempre in grado di offrire strategie e soluzioni di investimento coerenti alle esigenze della clientela pianificando opportunamente gli obiettivi temporali della clientela stessa sulla base della specifica propensione/tolleranza al rischio.

La scelta dell'investimento è stata fatta prevalentemente sulla base della consulenza del Promotore Finanziario o dello specialista dello sportello presso il quale l'investitore mantiene il proprio rapporto con la banca. A volte i suggerimenti prescindono purtroppo dagli obiettivi dell'investitore. Tali suggerimenti, infatti, sono indirizzati verso i prodotti imposti dalle politiche commerciali del momento o peggio verso quei prodotti dove la remunerazione dell'intermediario è maggiore, creandosi così situazioni di profonda insoddisfazione. I consigli di investimento e le configurazioni di portafoglio sono spesso generiche e conseguentemente i razionali di quanto raccomandato risultano fortemente condizionati da elementi soggettivi.

Si ha come risultato che più strumenti di investimento si sovrappongono a diversi segmenti di mercato (sottoscrizione diretta di quote di Fondi di investimenti italiani ed esteri, Fondi di Fondi, Gestione Patrimoniali in Fondi,). L'offerta è spesso indifferenziata e/o scarsamente mirata alle specifiche esigenze del singolo cliente. Dal punto di vista del livello di rischio sottostante l'investimento spesso non è commisurato a quello sostenibile e accettabile da parte singolo cliente (propensione/avversione) mentre gli obiettivi sull'orizzonte temporale¹ risultano indefiniti.

¹ L'orizzonte temporale definisce quanto in là nel tempo si colloca il proprio obiettivo di investimento e dunque, implicitamente, quando valutare la bontà dell'investimento. L'orizzonte temporale dipende sostanzialmente dagli obiettivi e dunque coincide con il momento in cui si avrà bisogno del capitale per soddisfare le proprie esigenze. Più l'orizzonte temporale è lungo più il grado di rischio dell'investimento può essere elevato, perché l'incertezza dei risultati non si scontra con esigenze di liquidità di breve termine (in altri termini si può attendere che maturino i risultati attesi, senza essere costretti a rimborsare in un momento poco propizio).

Soluzioni di investimento efficienti per rischio/rendimento si limitano normalmente a strutture di portafoglio aggregate (*singoli comparti o singoli fondi*) oppure configurazioni di portafoglio medie (*Gestioni patrimoniali in fondi*).

Gli strumenti di selezione dei fondi utilizzati in autonomia (media e Internet), inoltre, non presentano sufficienti supporti ed aiuti alla scelta: i criteri di valutazione riguardano aspetti generici e non personali e i risultati ottenuti presentano liste eccessivamente numerose sulle quali l'investitore ha difficoltà a effettuare la sua scelta su principi razionali e rispondenti ai propri obiettivi.

Solo di recente con la diffusione di questionari informativi mirati ad identificare le esigenze e le caratteristiche dell'investitore, si è cercato di limitare la "folia storica" dell'investitore-massa. Essa consiste in uno sfasamento perenne tra andamento del mercato e suo comportamento di concentrare gli acquisti ai valori massimi e le vendite ai valori minimi di mercato con la conseguenza di avere un continuo trasferimento di risorse finanziarie *dall'investitore-massa* allo *speculatore-élite*.

Una realtà così complessa l'utilizzo dei FS potrebbe essere molto utile e vantaggioso. Un primo esempio riguarda la ricerca del tipo di investimento più opportuno rispetto agli obiettivi e alle esigenze dell'investitore. Codificando nei fuzzy set le variabili da valutare nel processo di investimento (caratteristiche e obiettivi propri dell'investitore, situazione patrimoniale e prospettive economiche future, atteggiamento verso il rischio, situazione di mercato) il sistema oltre a identificare la configurazione di portafoglio più idonea può esplicitare le regole di comportamento da seguire nella scelta della linea di investimento incrementando ulteriormente il livello di trasparenza.

Un altro esempio di applicazione del settore particolarmente significativa è rappresentato dalla valutazione del livello di importanza del cliente (*Customer Rating*) al fine di individuare per ogni singolo cliente che ha sottoscritto Fondi di investimento le priorità dell'azione marketing e commerciale finalizzate ad un ipotetico programma di *Customer Retention*.

La stima della redditività del singolo cliente in rapporto al suo livello di soddisfazione, il suo posizionamento verso gli obiettivi strategici e, soprattutto nell'attuale contesto di mercato, l'eventuale valutazione del grado di fedeltà o reciprocamente del grado di vulnerabilità potrebbe consentire, in una visione integrata di tali indicatori, l'identificazione e la pianificazione mirata di campagne e/o iniziative commerciali.

In tempi molto brevi, utilizzando i soli dati contabili/amministrativi della raccolta potrebbe essere svolta una segmentazione della clientela per profilo identificando

uno specifico *Rating redditività*. Questa potrebbe essere calcolata, ad esempio, come funzione qualitativa e/o letterale:

- della dimensione del patrimonio sottoscritto
- dell'anzianità del rapporto
- dalla tipologia del portafoglio valutato tramite il proprio grado di rischio²
- dalla movimentazione dello stesso portafoglio

Tale indicatore rappresenterebbe una misura indiretta della commissione di gestione corrisposta dal cliente. Verrebbe data risoluzione al problema di valutarne la dimensione in dettaglio nonostante il calcolo fatto periodicamente nella sola forma aggregata per singolo fondo.

Il livello di Redditività potrebbe, insieme ad altre variabili facilmente reperibili dal sistema (età, anzianità del rapporto, dimensione del patrimonio), contribuire alla valutazione del *Rating di focalizzazione strategica* cioè del livello di rispondenza delle caratteristiche dell'investitore agli obiettivi fissati dalla strategia commerciale.

La performance dell'investimento effettuato in rapporto all'andamento del mercato congiuntamente con i dati del comportamento di acquisto (quota dei rimborsi, versamenti aggiuntivi, sottoscrizione di nuovi prodotti,...) potrebbe consentire l'identificazione di un indicatore di soddisfazione del servizio/prodotto offerto (*Rating soddisfazione del cliente*).

Quest'ultimo indicatore unitamente a informazioni rilevabili dalle caratteristiche del portafoglio e da eventuali azioni della concorrenza potrebbero identificare il *Rating di vulnerabilità*.

Lo strumento indicato e la relativa metodologia di analisi potrebbero essere molto utili nell'analisi della struttura del portafoglio (sia nel suo assetto attuale, sia in una visione prospettica) per realizzare soluzioni personalizzate di offerta di prodotti finanziari identificando, nella fase di pianificazione, segmenti di clientela e di portafoglio target e soluzioni mirate.

Si potrebbe valutare inoltre con un'analisi congiunta dei parametri ottenuti un più generale indicatore di importanza del cliente (*Customer Rating*) in grado di dare indicazioni sulle priorità dell'azione marketing e commerciale realizzando uno specifico vantaggio competitivo che va caratterizzato da aspetti distintivi di efficienza e di efficacia e non dalla mera imitazione di prodotto/servizio e dei comportamenti diffusi nel settore.

² Un investimento è tanto più rischioso quanto più ampia è la gamma dei risultati possibili. Ogni investimento presenta uno specifico grado di rischio che richiama sia il concetto di cautela che quello di opportunità. Rischio e rendimento sono infatti strettamente collegati: la possibilità di conseguire rendimenti più elevati cresce in proporzione al grado di rischio dell'investimento.