

\ 322 \

**Applicazione Fuzzy per la determinazione
del premio assicurativo**

di

Stefano Bordoni

Luglio 2000

Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia
Dipartimento di Economia Politica
Via Berengario, 51
41100 Modena (Italia)
e-mail: bordoni@unimo.it

Abstract

I dati ISVAP (Istituto per la vigilanza sulle assicurazioni private e di interesse collettivo) sulla criminalità nel comparto assicurativo evidenziano una situazione sempre più insostenibile e preoccupante a danno di imprese e assicurati.

Il settore assicurativo subisce circa 200.000 sinistri fraudolenti annui, con un costo per le imprese di circa 680 miliardi e un inevitabile aumento dei premi assicurativi per i clienti onesti. Gli effetti più pesanti della criminalità si verificano nella Rc auto obbligatoria, dove il 3,2% dei sinistri denunciati (il 2,7% degli importi corrisposti) sono riferibili a truffe a danno delle compagnie di assicurazione.

L'ordinamento italiano, nel Sesto libro del Codice civile, tutela la validità della prova testimoniale e attribuisce l'onere della prova inversa alle Imprese Assicuratrici, il che significa che anche davanti a prove testimoniali palesemente fraudolente le compagnie possono soltanto ricorrere in giudizio per dimostrarne la falsità.

Gli elevati costi delle indagini e dei procedimenti legali ha spinto le Imprese verso un maggior controllo all'ingresso, fatto salvo l'obbligo delle Compagnie ad assicurare per legge chi accettasse di pagare il premio stabilito. Oltre a ricorrere alle segnalazioni provenienti dallo "Schedario sinistri r.c.auto", banca dati sui rimborsi fraudolenti istituita dall'ISVAP simile alla Centrale dei Rischi in uso presso il sistema bancario, le singole Compagnie possono intraprendere azioni deterrenti nei confronti dei clienti indesiderati agendo sui tempi di rimborso, sui tempi di stipula delle polizze e soprattutto sulle maggiorazioni del premio pattuito per quel cliente, che può arrivare a somme tre volte superiori a quelle "normali".

Le decisioni riguardanti questo tipo di prevenzione vengono adottate attraverso l'utilizzo di tabelle decisionali (score card), ricavate da studi econometrici e statistici che difficilmente riflettono le necessità delle agenzie locali di confrontarsi con clienti "particolari".

Lo scopo di questo lavoro, basato sulla tecnologia fuzzy, è quello di fornire un sistema di valutazione ex ante del rischio strutturale del cliente, sia in sede di stipula di una nuova polizza, sia in quella di rinnovo della medesima. L'indice di rischiosità, calcolato periodicamente, segnala alla Compagnia il grado di "indesiderabilità" di quel cliente e può essere inoltre utilizzato efficacemente per una corretta personalizzazione del premio assicurativo, in risposta ad assunzioni di rischio più o meno elevato.

1. Rimborsi dei sinistri e frodi

L'ISVAP (Istituto di Vigilanza per le Assicurazioni Private), stima che circa il 3,2% dei sinistri denunciati (il 2,7% degli importi corrisposti) sono riferibili a truffe a danno delle compagnie di assicurazione.

Le compagnie assicuratrici, a causa di vincoli legali presenti nel nostro ordinamento, si trovano ad avere le mani legate davanti a molte delle situazioni che fanno presupporre la presenza di una truffa o la propensione di un soggetto ad eseguirla in futuro. Un esempio su tutti è il caso tipico di falso sinistro avallato da testimoni collusi col truffatore; questo tipo di sinistro solitamente è inscenato ad orari improponibili, in luoghi isolati o poco frequentati (per evitare la presenza eventuale di testimoni non collusi). La dinamica riportata in sede di denuncia spesso è del tutto improbabile, ma anche quando il liquidatore (cioè l'addetto al pagamento dei danni negli ispettorati sinistri delle compagnie) si trova davanti all'evidenza di un tentativo di

truffa, non può fare nulla perché allegato alla denuncia di sinistro trova normalmente un foglio firmato da un testimone del danneggiato che ne avvalga il racconto.

L'ordinamento italiano, nel Sesto libro del Codice Civile tutela la validità della prova testimoniale (pur con la debita cautela: "...la testimonianza (detta anche prova orale) è la narrazione fatta al giudice da una persona estranea alla causa in relazione a fatti controversi di cui il teste abbia conoscenza. La prova testimoniale è considerata con una certa diffidenza dal legislatore, sia per il rischio di testi interessati o compiacenti, sia per il rischio di deformazioni inconsapevoli nello sforzo di ricordare e riferire avvenimenti del passato... [da Manuale di Diritto Privato, Torrente]"), e attribuisce l'onere della prova inversa alla controparte: il che significa che anche davanti a prove testimoniali evidentemente costruite "ad hoc" il liquidatore nulla può a meno di non riuscire a dimostrarne la falsità. Questo procedimento quando non è impossibile è comunque talmente oneroso che non è intrapreso dalle compagnie assicurative.

Le compagnie dunque tendono ad intraprendere diverse strade per limitare gli esborsi economici provocati da truffe:

1. La prima è quella di prolungare i tempi di rimborso adducendo motivi burocratici più o meno plausibili per il rimborso totale del danno o evidenziando la poca credibilità di testimoni e prove addotte, fino ad esasperare il truffatore per convincerlo ad andarsene o a patteggiare un davanti ad un giudice e in questo caso sta all'abilità del legale della compagnia dimostrare la falsità delle prove addotte. Difficilmente però è possibile smascherare in tribunale truffe che non siano già crollate precedentemente, infatti, chi è disposto a portare il contenzioso in tribunale lo fa conscio della impossibilità di prova contraria.
2. Il secondo strumento per la lotta alle truffe è quello di porre ostacoli all'ingresso di soggetti presumibilmente a rischio di truffa. Questi vincoli consistono nella richiesta di documenti che spesso sono difficili o onerosi da ottenere, nell'invito a ripresentarsi dopo alcuni giorni per la rottura del terminale o per l'esaurimento degli stampati ecc.
3. Quando il cliente è determinato a superare questi ostacoli l'unica azione deterrente possibile è quella della maggiorazione del premio.

L'assicurazione per le autovetture è obbligatoria per legge di conseguenza il premio massimo imponibile per le varie categorie è stato calmierato con apposito accordo tra le compagnie e l'ISVAP.

Le polizze sono stipulate con tariffa libera e personalizzabile entro i massimi calmierati. Come conseguenza l'Agente sfrutta questa libertà di imporre un premio alto a coloro che non desidera assicurare. Poiché l'imposizione del premio massimo (premio proposto agli "indesiderati") corrisponde al pagamento di cifre quasi triple rispetto ai minimi di altre compagnie, spesso l'Agente riesce ad allontanare il cliente.

Nella determinazione del premio "corretto" da applicare al cliente, la singola Compagnia Assicurativa ha a disposizione alcuni strumenti, forniti dall'ISVAP:

1. La "Banca dati statistica r.c.auto" costituisce una base tecnica della quale le imprese che esercitano il ramo r.c.auto possono avvalersi per la predisposizione di una tariffa tecnicamente equilibrata rispetto ai distinti profili di rischio di ciascuna impresa. Le informazioni utilizzabili, consentendo la conoscenza dei dati statistici di riferimento per il mercato nazionale, possono contribuire a rafforzare il fondamento tecnico per la costruzione delle tariffe di impresa.
2. Il "Sistema informatico targhe assicurate" (SITA), contenente i dati relativi all'impresa che presta la garanzia, al termine iniziale e finale di copertura e alla classe bonus-malus di pertinenza nonché le informazioni sulla sinistrosità pregressa dei singoli rischi con riferimento al periodo di 5 anni previsto dall'art. 2 legge n. 39/77, consente una verifica della correttezza della classe di bonus-malus maturata dall'assicurato e dell'inserimento dei contratti nella classe di pertinenza. Rappresenta quindi un importante strumento per l'applicazione della corretta tariffa rispetto alla sinistralità pregressa di ogni assicurato.
3. Lo "Schedario sinistri r.c.auto", istituito dall'ISVAP, raccoglie in relazione ad ogni veicolo assicurato l'indicazione dei sinistri pregressi e delle controparti (veicoli) coinvolte negli stessi, rappresentando quindi un valido strumento di ausilio per l'individuazione di sinistri non genuini. Lo schedario, adeguatamente potenziato con un flusso di dati maggiormente rappresentativo del mercato, consente di contrastare più efficacemente il fenomeno delle truffe legato al risarcimento di sinistri falsi o gonfiati rispetto alla reale perdita pecuniaria subita dal danneggiato.

Ogni Compagnia fornisce alle proprie Agenzie un sistema di valutazione del premio, basata sulle indicazioni dell'ISVAP e sulle analisi statistiche della Compagnia medesima.

Per quanto riguarda la politica dei prezzi Rc-Auto della Compagnia che ha fornito i dati per questo studio, (settore che rappresenta più del 50% della totalità dei premi), le variabili utilizzate per un corretta determinazione del premio sono le seguenti:

1. tipo di autoveicolo (tipo di veicolo: autovettura, autocarro etc... Non è una variabile significativa)
2. classe di merito, determinata sulla base della sinistrosità del cliente
3. sesso dell'assicurato
4. età dell'assicurato
5. potenza fiscale del veicolo assicurato
6. tipo di alimentazione del veicolo assicurato
7. sinistrosità del territorio di stipula della polizza, determinata in base al CAP

2. Logica e Sistemi di Controllo fuzzy

Un insieme classico (crisp) X è normalmente definito come una collezione di oggetti $x \in X$ che hanno una proprietà comune. Ciascun elemento può o appartenere o no all'insieme. Questa proprietà induce una diversa definizione d'insieme mediante la funzione di appartenenza

$$\chi_c : X \rightarrow \{0,1\}: \forall x \in X : \chi_c(x) = \begin{cases} 1, & \text{se } x \in C \\ 0, & \text{altrimenti} \end{cases}$$

In modo analogo useremo per la definizione di un insieme fuzzy A la formulazione mediante una funzione di appartenenza. Un insieme fuzzy A contenuto in X è l'insieme delle coppie ordinate di elementi:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) : x \in A, \mu_A(x) \in [0,1]\}$$

L'altezza di un insieme fuzzy è il massimo valore che la sua funzione di appartenenza realizza.

Un insieme fuzzy è detto **normale** se la sua altezza è 1.

Se l'insieme fuzzy non è normale è possibile **normalizzarlo**, cambiando $\mu_A(x)$ con:

$$\tilde{\mu}_A(x) = \frac{\mu_A(x)}{\max_{x \in A} \mu_A(x)}$$

Il **dominio** di un insieme fuzzy A è il dominio di $\mu_A(x)$.

Il **supporto** di un insieme fuzzy A è il sottoinsieme di X in cui la funzione è positiva.

Un insieme fuzzy A è un **insieme fuzzy convesso**, se $\forall \lambda \in [0,1]$ e $\forall x_1, x_2 \in A$ risulta:

$$\mu_A[\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2] \geq \min\{\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)\}$$

Un **numero fuzzy** è un insieme fuzzy definito su \mathbb{R} , che è convesso e normalizzato.

Nella letteratura è stata proposta una grande varietà di funzioni di appartenenza che definiscono insiemi fuzzy. I tipi più comuni sono quelli lineari a tratti e quelli così detti "regolari".

Tra quelli lineari a tratti detti "Standard Membership Function" ricordiamo quelli triangolari, trapezoidali, etc.

Tra quelli "regolari" vi sono funzioni che hanno le seguenti proprietà:

$$\mu_A(x) \quad \text{è continua in } x$$

$$\frac{d(\mu_A(x))}{dx} \quad \text{è continua in } x$$

$$\frac{d^2\mu_A(x)}{d^2x} \quad \text{è continua in } x$$

2.1 Fuzzy Logic Control (FLC) o Fuzzy Inference System (FIS)

Lo sviluppo iniziale della teoria degli insiemi sfocati fu motivata dalla percezione che le tecniche tradizionali di analisi dei sistemi non erano efficaci nel trattare problemi in cui le dipendenze tra le variabili sono troppo complicate o troppo mal definite per ammettere una caratterizzazione mediante equazioni differenziali o alle differenze. Queste situazioni si presentano normalmente in biologia, economia, psicologia, linguistica ecc. Un filo comune che lega questi problemi è la mancanza di nitidezza dei confini, la concomitante imprecisione, incertezza e parzialità della verità.

Il concetto di insieme sfocato è il riflesso di questa realtà, un riflesso che serve come punto di partenza per un sviluppo di teorie che hanno la capacità di modellare l'imprecisione ed incertezza del mondo reale.

La maggior parte delle applicazioni della logica fuzzy o della teoria degli insiemi fuzzy, riguardano il linguaggio, la teoria della automazione e i sistemi di apprendimento.

Negli anni 70 l'introduzione dei concetti di variabili linguistiche, di regole IF-THEN applicate a variabili linguistiche, hanno aperto la porta a molte altre applicazioni tipiche della teoria del controllo. Attualmente il controllo è il settore dominante delle applicazioni della teoria stessa. I recenti sviluppi nella informatica hanno fatto del mondo del Business e della Finanza un grande polo di attrazione per metodologie che possono utilizzare la forza dei moderni sistemi informatici per processare enormi volumi di dati a grande velocità e con grande affidabilità.

Tra queste metodologie vi sono le reti neurali, gli algoritmi genetici e la logica sfocata. Queste nuove metodologie formano ciò che viene detto "soft computing" e per la maggior parte dei casi sono tecniche complementari che generano sinergie piuttosto che competizione. Un esempio di questi sistemi "ibridi" sono le reti neurofuzzy.

All'interno del "soft computing" il principale contributo della logica sfocata è una macchina che riesce a calcolare con le parole. In particolare la fuzzificazione e la granulazione (fuzzy clustering). La fuzzificazione trasforma valori classici (crisp) in insiemi sfocati, la granulazione approssima una funzione o una relazione mediante una collezione di granuli, cioè gruppi di elementi (insiemi sfocati) che sono tenuti insieme per similarità o funzionalità.

I modelli tradizionali spesso non catturano la natura dei sistemi complessi, specialmente quando sono coinvolti gli umani. In contrasto, la logica sfocata e gli insiemi sfocati sono attrezzi adatti a modellare, in assenza di una completa informazione, affari complessi, finanza e sistemi di gestione.

Nella realizzazione di un software che permetta di implementare un sistema di controllo, la logica sfocata agisce a due livelli:

- Costringe un computer a pensare in modo simile a quello umano (non digitale, non booleano, non a sequenze di 0-1, non quantitativo), utilizzando variabili linguistiche, qualitative, con sfumature semantiche vicine a quelle tipiche del linguaggio verbale piuttosto che di quello numerico
- Sulla base di questa somiglianza consente la costruzione di sistemi decisionali automatizzati il più simile possibile a quelli concepiti ed utilizzati da umani.

Le metodologie classiche di problemi di controllo, sviluppate principalmente in ambiente industriale e ingegneristico sono basati su modelli matematici che descrivano il sistema da controllare e le preferenze del decisore.

Tuttavia, in molti casi, la complessità dei fenomeni studiati non consente la costruzione di modelli che rappresentino fedelmente la realtà.

Quest'osservazione è vera soprattutto nel caso di sistemi che si occupino di economia, finanza e sistemi di controllo dove sono coinvolti numerosi fattori, alcuni dei quali di natura socio-psicologica.

I modelli di controllo basati su Logica Fuzzy utilizzano il concetto di insieme Fuzzy per gestire e descrivere le informazioni (numeriche) di difficile e laboriosa classificazione rispetto a insiemi classici.

L'utilizzo della Logica Fuzzy nei problemi di controllo prende il nome di Fuzzy Logic Control (FLC) o Fuzzy Inference System (FIS). Con questi strumenti, spesso sviluppati con procedure informatiche, è possibile controllare problemi in ambienti caratterizzati da incertezze e difficoltà di valutazione dei dati.

Nonostante lo sviluppo dei FIS sia storicamente legato a problemi di automazione industriale, tali strumenti sono efficacemente impiegati in ambienti economici allargando il concetto di controllo a quello di soluzione consigliata, prevista, migliore.

I sistemi di tipo FLC non ottimizzano un modello in senso matematico, ma ricercano la soluzione di un sistema impostato secondo le preferenze del decisore.

Un sistema FLC compie tre azioni fondamentali: la fuzzificazione dei dati di input (traduzione da variabile numerica a linguistica), l'elaborazione (inferenza) dei dati, la defuzzificazione dei dati di output (traduzione del risultato da variabile linguistica a numerica)

In sintesi, lo schema del processo è così formulato:

Per ciascuna variabile di input, x_i ($i=1\dots m$) e di output y , (numerical values) dobbiamo fissare il rispettivo range di variabilità U_i and V . $\forall i$, ($i=1\dots m$), se n_i è il numero degli attributi linguistici che si è stabilito di attribuire a ciascuna delle variabili x_i e se $\hat{n} = \max_{i \in [1, m]} n_i$, definiamo l'insieme

$$A^i = \{A_1^i, A_2^i, \dots, A_{j_i}^i, \dots, A_{n_i}^i\}$$

dove $\forall j_i \in [1, n_i]$, $\forall n_i \in [1, \hat{n}]$, gli $A_{j_i}^i$ sono numeri fuzzy che descrivono gli attributi linguistici della variabile di input x_i . Nello stesso modo definiamo l'insieme

$$B = \{B_1, B_2, \dots, B_k, \dots, B_r\}$$

dove $\forall k \in [1, r]$, B_k sono numeri fuzzy che descrivono gli attributi linguistici della variabile di output y . Ad ogni elemento di A^i e B è associata una funzione di appartenenza

$$\mu_{A_i^j}(x) : U_i \rightarrow [0,1] \quad \text{e} \quad \mu_{B_k} : V \rightarrow [0,1]$$

Gli elementi di A^i e B sono sovrapposti nelle zone così dette "grigie" dove non è ben chiara una caratterizzazione dei singoli valori di input ed output. La maggior parte delle cose nel mondo reale non cade necessariamente in una ben precisa categoria od in un'altra. Gli esperti mediante un procedimento di astrazione forniscono l'informazione di dove vanno collocate queste zone "grigie" in cui la realtà non è né bianca né nera.

La scelta delle forme di A^i and B sono una traduzione matematica di ciò che gli esperti pensano dei singoli attributi linguistici. Questo passo è detto "fuzzificazione".

Il secondo passo è la costruzione dei blocchi di regole.

Definiamo l'insieme di L regole sfocate , dove $L = \prod_{i=1}^m n_i$, nel seguente modo:

$$\forall j_i \in [1, n_i], \forall n_i \in [1, \hat{n}] \quad \forall k \in [1, r]$$

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_{j_1}^1) \otimes (x_2 \text{ is } A_{j_2}^2) \otimes \dots \otimes (x_m \text{ is } A_{j_m}^m) \quad (1)$$

$$\text{THEN } (y \text{ is } B_k), \quad (2)$$

La relazione (1) è detta "precondizione" e il simbolo \otimes rappresenta uno dei possibili operatori di aggregazione. Il più utilizzati nelle applicazioni concrete sono il MIN e il MAX o loro combinazioni convesse

$$\gamma \text{MIN} + (1 - \gamma) \text{MAX} \quad \text{con } \gamma \in [0,1]$$

Più in generale al posto del Min e Max, è possibile usare altre t-norme o t-conorme. In particolare se definiamo con $\mu_{A \cap B}$ una generale funzione di appartenenza dell'intersezione e con $\mu_{A \cup B}$ una generale funzione di appartenenza dell'unione, noi possiamo definire come funzione di appartenenza dell'insieme aggregato $A \Theta B$

$$\mu_{A \Theta B} = \mu_{A \cap B}^{1-\gamma} * \mu_{A \cup B}^{\gamma} \quad \text{con } \gamma \in [0,1]$$

Questa non è, in generale, una t-norma o una t-conorma e in particolare, se usiamo il prodotto algebrico e la somma algebrica (detta anche probabilistica) come aggregatori della intersezione ed unione noi otteniamo l'operatore Gamma [15]

$$\mu = \left(\prod_1^n \mu_i \right)^{(1-\gamma)} * \left(1 - \prod_1^n (1 - \mu_i) \right)^\gamma \quad (3)$$

Il parametro γ indica il grado di compensazione.

La relazione (2) è detta conclusione. L'aggregazione della preconditione e della conclusione. Può essere fatta in molti modi. I più utilizzati sono i metodi del MAX e del BSUM. La scelta dipende dal tipo d'applicazione. Il MAX ha il significato di scegliere come vincente, la regola, tra quelle attivate, che ha un livello di attivazione massimo. Nel caso del metodo del BSUM invece se un termine linguistico dell'output è attivato da più regole ma con diversi gradi di attivazione, si considera come grado di attivazione finale la somma dei diversi gradi di attivazione, fino ad un massimo di 1. In ogni caso, tutti i metodi producono un insieme fuzzy la cui funzione di appartenenza $\mu_{agg}(y)$ è quella ottenuta dal grado di attivazione del metodo scelto. Il risultato del sistema è un insieme fuzzy da cui, se necessario, si può ritornare ad un valore numerico. Questo passo è detto "defuzzification". Questa operazione produce una risposta numerica \bar{y} che adeguatamente rappresenta la funzione di appartenenza $\mu_{agg}(y)$. Non c'è un unico modo per ottenere questo risultato. Per scegliere il metodo da usare è necessario capire il significato che si vuol dare al risultato della defuzzificazione. In alcuni casi ha più significato scegliere un valore intermedio che tenga conto di tutto il risultato fuzzy dell'output ("best compromise") e in altri casi ha più senso scegliere il valore tipico del termine linguistico dell'output che ha maggior valore d'attivazione ("most plausible result"). Sono due metodi che, per loro natura, forniscono risultati con caratteristiche molto differenti. L'uno propone una mediazione tra i vari risultati, l'altro premia il più forte. Uno dei metodi del primo tipo è il Centro di Gravità (CoG o CoA) che produce l'ascissa del baricentro del risultato fuzzy dell'output

$$\bar{y} = \frac{\int_V y \mu_{agg}(y) dy}{\int_V \mu_{agg}(y) dy}$$

Uno dei metodi che realizzano la seconda scelta è "Mean of Maximum" (MoM) che sceglie il valore tipico del termine linguistico dell'output che ha maggior valore di attivazione. Per valore tipico intendiamo l'ascissa del punto di massimo (se unico) di $\mu_{agg}(y)$. Se il massimo non è unico, si possono considerare varie opzioni, tutte legate alla maggiore aderenza di ciò che l'output rappresenta, come la media dei punti di massimo, o quello con ascissa più grande o più piccola [1].

2.2 Automazione delle decisioni

Un sistema inferenziale Fuzzy (FIS o FLC) utilizzato nella forma di software decisionale (DSS), raccoglie l'insieme dei dati che caratterizzano una situazione, li valuta e sulla base di questa valutazione propone una decisione. Viene impiegato efficacemente nei casi di:

- decisioni che devono essere prese in relazione a grandi quantità di dati (mercato azionario, autorizzazione transazioni con carta di credito, autorizzazioni sul credito bancario)
- riproducibilità e distribuzione periferica del processo decisionale
- valutazione trasparente ed esplicita di processi complessi
- l'esperienza di più persone viene aggregata in un unico sistema

Si consideri inoltre che qualsiasi software decisionale non "inventa" la soluzione, ma viceversa esplicita i processi decisionali spesso già utilizzati dal decisore, incorporando le basi di conoscenza degli esperti. La realizzazione di un software decisionale può essere fatta:

- sulla base delle indicazioni di un "ingegnere di conoscenza" (esperto)
- sulla base dei dati che spiegano (nei fatti) le forme decisionali attuate e non ancora esplicitate fino a quel momento. In questo caso la deduzione delle regole di comportamento viene effettuata attraverso l'impiego di reti neurali (neuro fuzzy)
- fondendo le due tecniche

2.3 Numeri e parole (Incertezza numerica e linguistica)

Nonostante derivino entrambe da convenzioni arbitrarie, (astrazioni) la parola e il numero fanno riferimento a sistemi logici differenti e non hanno la stessa capacità rappresentativa in un processo di valutazione, che è formulato con la flessibilità e le caratteristiche della logica verbale.

Il numero è evocativo di grandezze e non di concetti tipici del ragionamento umano in relazione ad un problema. Per questo motivo si presta male ad essere il segno che descrive la valutazione su un certo fenomeno. Elaborare decisioni sulla base di numeri comporta due problemi in relazione alla:

- a) Descrizione del problema (capacità semantica del dato numerico di rappresentare l'evento oggetto di valutazione)
- b) Inferenza sul dato (possibilità di valutare i dati raccolti per arrivare al risultato, cioè alla decisione, attraverso il confronto con valori o intervalli di valori significativi)

Molte discipline matematiche trattano con la descrizione dell'incertezza, per esempio, la teoria della probabilità, la teoria della informazione e la teoria degli insiemi sfocati.

Cerchiamo di classificare queste discipline mediante i tipi di incertezza di cui trattano. Discuteremo quindi di incertezza stocastica e lessicale.

2.3.1 Incertezza stocastica

L'incertezza stocastica tratta con la incertezza che un certo evento si verifichi.

1 “la probabilità che un certo scopo sia raggiunto è dello 0,8.

L'evento stesso “raggiungere lo scopo” è ben definito. L'incertezza sta nel fatto che lo scopo venga raggiunto o no. Questa incertezza è quantificata da un grado di probabilità. Affermazioni come queste possono essere processate e combinate con altre usando metodi stocastici, Bayesiani ecc.

2.3.2 Incertezza lessicale

Un tipo differente di incertezza si presenta nel linguaggio umano, detta incertezza lessicale. Questo tipo di incertezza tratta con la usuale imprecisione presente nelle parole usate per valutare concetti e derivarne conclusioni. Consideriamo i termini:

“ uomo giovane, giornate calde, valuta stabile”

Essi non hanno una definizione esatta . Il concetto di giovinezza è un concetto soggettivo.

La scienza che tratta del modo con cui gli umani valutano i concetti e prendono decisioni è detta psico linguistica. E' stato provato che essi usano le parole come “categorie soggettive” per classificare concetti come “altezza, temperatura e inflazione”. Usando queste categorie soggettive, le cose nel mondo reale vengono valutate dal “ grado cui esse soddisfano i criteri”. Consideriamo la affermazione seguente:

2 Probabilmente, avremo un anno finanziario soddisfacente.

A prima vista le affermazioni 1 e 2 sembrano molto simili. Ma esse hanno significati differenti. Per prima cosa l'evento definito in 2 non è chiaramente definito. Per una compagnia un anno finanziario soddisfacente potrebbe essere un rinvio del fallimento, per un'altra potrebbe essere un miglioramento del profitto dell'anno precedente. Comunque per nessuna delle due compagnie esistono soglie fissate che definiscano quando un anno sia da considerare soddisfacente o no. Questo capita perchè il concetto di “anno finanziario soddisfacente” è una categoria soggettiva.

Un'altra differenza sta nel significato che esprime la probabilità. Nel caso 1 la probabilità è espressa in senso matematico , l'affermazione 2 non quantifica una probabilità. Essa è solamente una percezione di probabilità.

Le affermazioni che usano “categorie soggettive” come la 2 giocano un ruolo rilevante nei processi umani di decisione. In molti casi l'incertezza insita nella definizione delle parole, ci porta ad aumentare la nostra flessibilità.

La Fuzzy Logic consente di riferire qualsiasi informazione sui dati di input a variabili linguistiche, mediante un processo di traduzione da numerico a linguistico detto Fuzzificazione dei dati. (Oppure, ancor più

semplicemente, accetta affermazioni in termini linguistici). In altre parole, consente di ragionare sui problemi in termini linguistici anziché numerici esplicitando il rapporto tra le categorie numeriche e quelle linguistiche.

Nella realtà non è possibile definire una regola per ogni possibile situazione. Le regole esatte, cioè che si adattano esattamente alla situazione, possono essere definite per poche situazioni. Queste regole sono un insieme discreto di punti in un continuum di situazioni e gli umani approssimano tra esse. Quindi, in un dato caso, l'uomo combina le regole che descrivono casi simili. Questa approssimazione è possibile grazie alla flessibilità insita nelle parole che formano le regole.

Ad esempio nella maggior parte delle società occidentali il sistema giuridico prevede un certo numero di leggi, ognuna delle quali descrive una situazione differente. Per esempio, una legge potrebbe sancire che il furto di auto venisse punita con due anni di carcere, mentre un'altra potrebbe stabilire una riduzione di pena in caso di incapacità parziale dell'imputato a causa dell'assunzione di alcool, droghe, etc.... In caso di giudizio di un ladro che avesse un tasso di alcool di 0,1%, con una infanzia difficile etc., il giudice dovrebbe applicare le DUE leggi disponibili per arrivare ad una conclusione. dato che NON esiste una legge per ogni situazione possibile, il verdetto dovrebbe essere ricavato sfruttando la flessibilità delle parole e delle definizioni insite nelle leggi utilizzate.

2.4 Valutazione dei dati, calcolo dei risultati

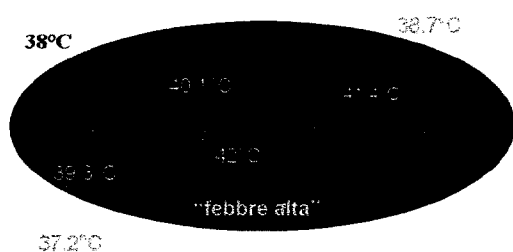
E' possibile che i valori di input sulla base dei quali le decisioni vengono prese siano dati da attributi linguistici (alto, basso, povero, etc...) o da valori numerici che fanno comunque riferimento ad insiemi definiti linguisticamente da valori di contorno (es. febbre alta, bassa, reddito basso, etc...).

In entrambi i casi risulta difficile con metodi tradizionali considerare valori che non appartengono in modo inequivocabile agli insiemi di riferimento. L'insieme tradizionale non riesce a rappresentare in modo esaustivo la gradualità di appartenenza ad un insieme, facendo perdere significato a tutti quei valori che non sono chiaramente definiti.

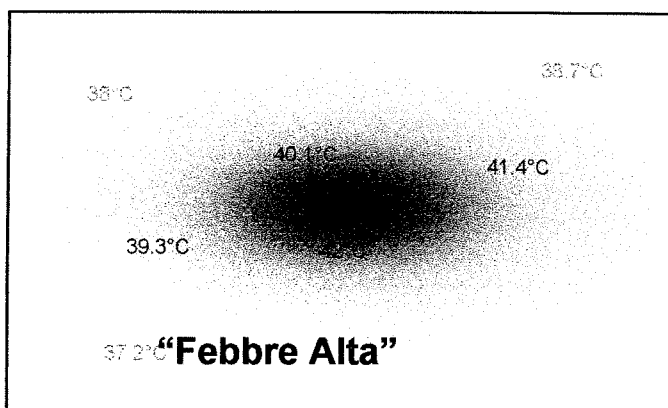
Esempio "Valutazione della temperatura corporea" (Febbre alta)

Per capire quali pazienti soffrono di "febbre alta", un modello matematico basato sulla tradizionale teoria degli insiemi dovrebbe definire come prima cosa l'insieme "febbre alta". Dati gli insiemi "febbre alta" e "febbre non alta" l'appartenenza all'insieme (area nera) indica quei pazienti che hanno una temperatura uguale o maggiore di 39.

Teoria Convenzionale Degli Insiemi (Booleana):



Teoria Degli Insiemi Fuzzy:



L'insieme di quei valori parzialmente appartenenti all'insieme febbre alta" (l'area grigia della figura 2), formano un insieme "difficilmente interpretabile, confuso" cioè Fuzzy.

E' stato dimostrato che un medico utilizza un duplice modello per valutare lo stato febbrile di un paziente: da un lato il prototipo di malato (pallido, sudato, tremante), dall'altra il prototipo di soggetto in buona salute, che non mostra alcun segno di malattia. La valutazione dell'esperto viene dunque effettuata nella realtà in un continuum di situazioni possibili sulla base della sensibilità e dell'esperienza. (vedi fig.1)

La possibilità di esprimere un giudizio preciso sul valore di es 38,3 (che non rientra nell'intervallo previsto in modo tradizionale (o "crisp") di febbre alta) è dato dalla sensibilità dell'esperto che valuta comunque con attenzione una temperature potenzialmente indice di anormalità o malattia. A seconda che si utilizzi una visione discreta o continua (fig. 1) delle variabili si hanno così due diverse definizioni di pazienti con la febbre alta (in questo esempio la febbre si considera alta se $\geq 41^\circ$):

2.4.1 Definizione Discreta:

$$\begin{aligned} \mu_{SF}(35^{\circ}\text{C}) &= 0 & \mu_{SF}(38^{\circ}\text{C}) &= 0.1 & \mu_{SF}(41^{\circ}\text{C}) &= 0.9 \\ \mu_{SF}(36^{\circ}\text{C}) &= 0 & \mu_{SF}(39^{\circ}\text{C}) &= 0.35 & \mu_{SF}(42^{\circ}\text{C}) &= 1 \\ \mu_{SF}(37^{\circ}\text{C}) &= 0 & \mu_{SF}(40^{\circ}\text{C}) &= 0.65 & \mu_{SF}(43^{\circ}\text{C}) &= 1 \end{aligned}$$

2.4.2 Definizione Continua:

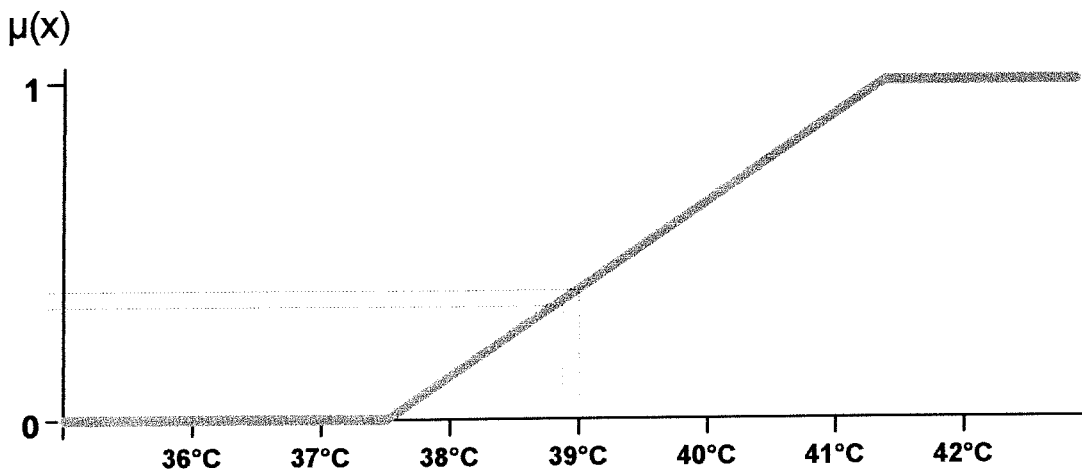


figura 1

Mentre l'utilizzo di sistemi tradizionali mostra soltanto due pazienti come appartenenti all'insieme "febbre alta", ogni paziente appartiene a quell'insieme nel caso Fuzzy, anche se con gradi (frequenze) diverse. Nel caso di frequenze nulle o pari ad uno, la valutazione del paziente è del tutto simile a quella ottenuta con metodi tradizionali. Nei casi intermedi, viceversa, la classificazione Fuzzy consente di non perdere le informazioni su quei pazienti che non appartengono in modo deciso ad un insieme o all'altro.

Da un punto di vista della valutazione del dato di ingresso, il numero da solo non esprime nulla. Per poter essere interpretato deve essere confrontato con degli insiemi significativi al fine di capirne il valore in termini di informazione. Questa valutazione costituisce la prima parte del processo di inferenza (analisi dell'antecedente) del processo decisionale.

Per rendere più flessibile la valutazione del fenomeno studiato, è possibile inserire ulteriori intervalli intermedi di valutazione che nel caso Fuzzy vengono tradotti in altrettanti attributi della variabile linguistica "Febbre", come "bassa", "normale", "crescente".

2.5 Termini linguistici, Gradi di appartenenza, Funzioni di Appartenenza, Base

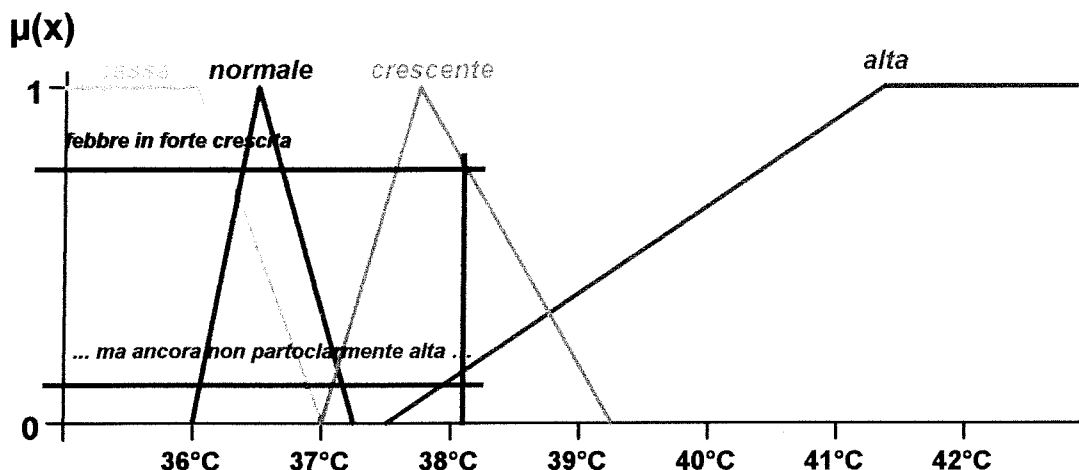


figura 2

In un'analisi tradizionale il valore non chiaramente appartenente ad un insieme dà luogo ad un imbarazzo percettivo ed anche l'introduzione di un numero maggiore di insiemi non risolve il problema di una precisa valutazione del dato di ingresso.

Se gli insiemi Febbre "bassa", "normale", "crescente", "alta" sono rispettivamente definiti, in modo tradizionale, come $F_b < 36,5$; $36,5 < F_n < 37,5$; $37,5 < F_c < 39,5$; $39,5 < F_a$, la valutazione del dato consiste in un confronto con gli estremi di questi intervalli.

In altre parole ciò che non si riesce a fare in un'analisi logica tradizionale è NON confrontare il dato relativo alla variabile di input (es. la temperatura) con un insieme di intervalli "crisp" (precisamente delimitati) per procedere alla sua valutazione.

Dirò dunque che la temperatura è bassa se è minore di 36,5, normale se $36,5 < F < 37,5$, crescente $37,5 < F_c < 39,5$, alta se $39,5 < F_a$.

La perdita di informazioni si ha nel momento in cui una temperatura = 37,6 viene considerata crescente come una di 39,4° e ciò avviene a prescindere dal tipo di strumento (Decision Tables, Sistemi Esperti) utilizzato, se questo fa riferimento ad una teoria degli insiemi tradizionale.

E' chiaro che per rendere minimo questo tipo di errore sarebbe necessario aumentare il numero degli intervalli riducendone l'ampiezza.

Se ad ogni temperatura corrispondesse un diverso stato clinico del malato, occorrerebbe considerare tanti intervalli quanti sono i valori dell'insieme X.

Nel caso della logica fuzzy, il valore della temperatura del paziente appartiene sempre agli insiemi relativi ai molteplici termini che definiscono le modalità della variabile d'ingresso anche se con gradi di verità (frequenze) diverse.

E' importante comprendere che il numero di funzioni (termini) della variabile sono quelli decisi dall'esperto e di fatto utilizzati nella rappresentazione linguistica del problema e della sua soluzione.

Nessun'altra tecnologia riesce ad esprimere la precisione e la gradualità della valutazione del dato di input come la Logica Fuzzy, in quanto nessuna teoria basata sulla logica booleana considera in modo continuo l'appartenenza ad un insieme come "frequenza di appartenenza".

Viceversa le classi (negli insiemi tradizionali) in cui viene suddivisa la variabile di input consente una traduzione del numero per intervalli, che, per piccoli che siano, costituiscono una semplificazione del problema e una perdita di informazioni.

In sintesi, la logica tradizionale definisce come oggetto di studio tutte le situazioni particolari che si possono verificare, attraverso la definizione di altrettanti intervalli. La Logica Fuzzy, viceversa, utilizza funzioni continue che descrivono le caratteristiche generali del problema e verifica quanto il valore di ingresso rappresenta il caso generale.

Come ultima conseguenza, con insiemi crisp, il dato può appartenere soltanto ad una classe, cioè ad un insieme, mentre questo non si verifica nella logica fuzzy.

3. Sistemi di valutazione tradizionali e Sistemi Fuzzy

Nell'esempio "Febbre Alta" le cose peggiorano se la valutazione della temperatura si associa con altri fattori al fine di effettuare la diagnosi e prescrivere una cura.

Si pensi ad esempio ad un paziente già in cura che assume normalmente altri medicinali. L'errore di cattiva valutazione della prima variabile osservata si sommerebbe a quello potenzialmente verificabile nella secondo.

Oltre a ciò, si consideri l'esplosione di situazioni possibili che si ottengono combinando numerosi intervalli creati per la valutazione della temperatura ad altri relativi allo stato di una seconda (o n-esima) variabile. Se esistono n (infiniti) comportamenti possibili per ogni temperatura ed m per ogni stato del paziente, si ottengono $n*m$ (paradossalmente $\infty*\infty$) combinazioni oggetto di studio e di valutazione.

La valutazione dei valori di input deve essere fatta combinando le informazioni deducibili da tutte le variabili in gioco. La combinazione delle variabili, se aggregate in modo tradizionale, utilizza l'Operatore Booleano AND Logico producendo i seguenti risultati:

A	B	$A \wedge B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Così come la teoria classica degli insiemi non riesce ad interpretare un'appartenenza parziale ad un insieme, l'operatore Booleano non potrebbe esprimere la verità parziale della combinazione delle variabili. La Fuzzy Logic estende il significato concettuale degli operatori Booleani nel modo seguente:

AND: $\mu_{A \wedge B} = \min\{ \mu_A; \mu_B \}$

OR: $\mu_{A \vee B} = \max\{ \mu_A; \mu_B \}$

NOT: $\mu_{\neg A} = 1 - \mu_A$

Nella valutazione aggregata delle variabili dei sistemi Fuzzy l'operatore AND viene ridefinito come valore minimo di frequenza del dato rispetto alle funzioni di appartenenza dei termini linguistici. Date tre regole che valutano la veridicità delle affermazioni A e B in un'ottica congiunta, il risultato Fuzzy è del tipo:

$$r1: \min\{ 0.9, 0.8 \} = 0.8$$

$$r2: \min\{ 0.9, 0.2 \} = 0.2$$

$$r3: \min\{ 0.1, 0.2 \} = 0.1$$

Si consideri come esempio la valutazione della variabile "Affidabilità del mezzo" ottenuta dall'applicazione dei metodi tradizionale quali Score Card, Decision Table e Sistemi Esperti:

Nel caso di una **Score Card**, ad ogni variabile viene assegnato un punteggio (attraverso l'applicazione di un indice) che contribuisce a formare il valore di "affidabilità del mezzo". Nell'esempio della tab.1 il punteggio totale tiene conto negativamente dell'anzianità della vettura e positivamente della maggior cilindrata:

TAB 1

Cliente	Annoauto	Cilindrata
A	6	1000
B	12	3000
C	2	1400
D	8	1800

Se i punteggi vengono calcolati sulla base degli indici :

$$P(Aa) = 1/(\text{Anno auto})$$

e

$$P(C) = \text{Cilindrata}/1000$$

Si ottengono i seguenti risultati:

TAB 2

Cliente	Annoauto	Cilindrata	Punteggio totale (affidabilità del mezzo)
A	6	1000	1,17
B	12	3000	3,08
C	2	1400	1,90
D	8	1800	1,93

Come si può notare, i risultati sono tutt'altro che soddisfacenti:

il cliente B ha un $P(\text{totale}) = 3,08$, cioè l'indice di affidabilità maggiore di tutti gli altri nonostante il veicolo sia molto vecchio. Allo stesso modo i veicoli dei clienti C e D hanno punteggi simili nonostante l'anzianità dei

veicoli sia molto diversa. In un'analisi del credito fatta da un esperto, la situazione sarebbe valutata sicuramente in modo diverso.

In questo caso si può osservare come la valutazione distorta del problema derivi non tanto dal giudizio sulla singola variabile, ma piuttosto dall'aggregazione delle due.

Per superare questo problema è possibile utilizzare la tecnica delle **Decision Tables**, cioè matrici contenenti alcune delle possibili combinazioni dei valori assunti dalle variabili, che rendono la valutazione più precisa e flessibile.

In questo caso è possibile ridurre o aumentare l'impatto relativo di una variabile rispetto all'altra, stabilendo ad esempio che, qualsiasi valore di "cilindrata" si abbia, il punteggio complessivo relativo alla "affidabilità del mezzo" sia nullo in caso di un veicolo età superiore ai 12 anni.

TAB 3

Annoauto\Cilindrata	1000	1800	oltre
2	0,5	0,9	1,5
4	0,25	0,45	0,75
8	0,12	0,23	0,37
12	0,1	0,15	0,25
oltre	0	0	0

Dal momento che le Tabelle Decisionali contengono le possibili combinazioni delle variabili di input, il numero di tali combinazioni cresce al crescere del numero delle variabili e/o degli intervalli. Se sono osservate 5 variabili di input con 5 intervalli ognuno si avranno $5^5=3125$ elementi della matrice.

Le Score Cards e le Decision Tables, nonostante siano molto utilizzate (Concessione del credito bancario, Valutazione beni immobili, Classificazioni del patrimonio aziendale, Valutazioni del rischio...), risultano "scatole nere" dal punto di vista della formulazione dei pesi (punteggi) soprattutto quando il modello raggiunge una certa dimensione. La gestione di un tale numero combinazioni rende inoltre impossibile la modifica del sistema qualora cambi la politica decisionale.

Si consideri ora il caso di un **Sistema Esperto** usato allo stesso scopo:

Com'è noto, il motore inferenziale di un sistema esperto è scritto in linguaggio non procedurale, attraverso un insieme di regole di pari importanza, che vengono attivate nel caso si verifichi la situazione in esse descritta nella parte if.

La formulazione delle regole del sistema consente di scrivere meno regole di quante sarebbero gli elementi della matrice delle decisioni. Ad esempio la regola:

If Annoauto > 12 Then affidabilità is 0

sostituisce tutta l'ultima riga della tabella con lo stesso significato di tenere nullo il punteggio finale, quale sia la cilindrata del veicolo, se questo ha un'età superiore a 12 anni.

Anche in questo caso però si può osservare come le regole facciano riferimento a situazioni specifiche identificate dagli stessi intervalli del dominio utilizzati nelle Decision Table. Cioè è ancora una volta

necessario analizzare una grande quantità di situazioni particolari per ottenere un risultato attendibile. Ad esempio la seconda riga della tabella 3 verrebbe tradotta nelle regole:

If Annoauto \leq 4 and Cilindrata \leq 1000 Then Affidabilità is 0,25

If Annoauto \leq 4 and Cilindrata \leq 1800 Then Affidabilità is 0,45

If Annoauto \leq 4 and Cilindrata $>$ 1800 Then Affidabilità is 0,75

...

In altre parole anche il motore inferenziale di un Sistema Esperto è basato sulla logica Booleana e non elabora informazioni espresse in termini linguistici se non confrontandoli con insiemi (intervalli) tradizionali.

4. Fasi di un Sistema di Controllo Fuzzy

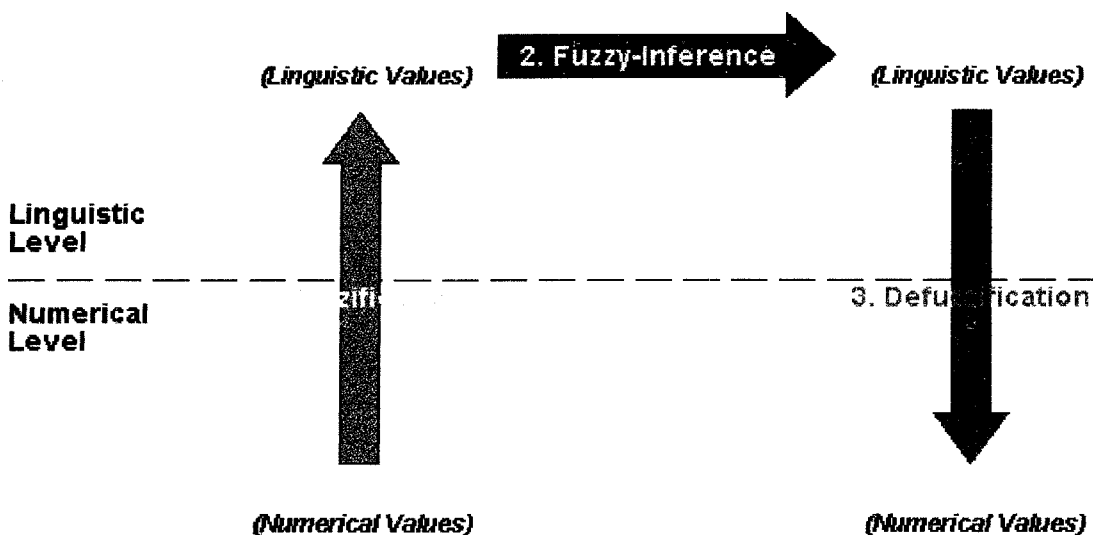
Così come i Sistemi Esperti, la Fuzzy Logic utilizza la logica delle regole If... Then... per attivare i processi decisionali.

Ad esempio:

If Annoauto è basso and Cilindrata è media Then Affidabilità è alta

Come si può notare, la differenza sta nel fatto che la Logica Fuzzy usa le parole alto e medio al posto dei valori di contorno degli insiemi, come nel caso dei Sistemi Esperti. In questo caso la variabile linguistica "Annoauto" traduce un valore numerico in un valore linguistico. Questo passaggio è possibile grazie all'utilizzo degli insiemi Fuzzy ed è detta appunto Fuzzificazione delle variabili di input.

A quella di Fuzzificazione dei dati di input, segue la fase di Inferenza sui dati (analisi (aggregazione) dell'antecedente, composizione (aggregazione) delle regole) e della Defuzzificazione dei risultati che completa la struttura di un sistema sviluppato secondo la logica Fuzzy.



4.1 Fuzzificazione delle variabili di input

Le variabili linguistiche devono essere definite per ciascuna delle variabili utilizzate all'interno del sistema di Regole. Per ogni variabile è necessario individuare i termini che ne rappresentano le rispettive modalità. A ciascun termine viene associata una MBF (Funzione di appartenenza) che consente di rappresentare la modalità linguistica in relazione al dominio dei possibili valori della variabile (numerica) studiata. Il valore della variabile linguistica sarà dato dal vettore delle frequenze (gradi) di appartenenza del dato alle funzioni che definiscono i termini della variabile stessa.

Es. variabile Input annoauto: {basso, medio, alto}

Input Variable "annoauto"

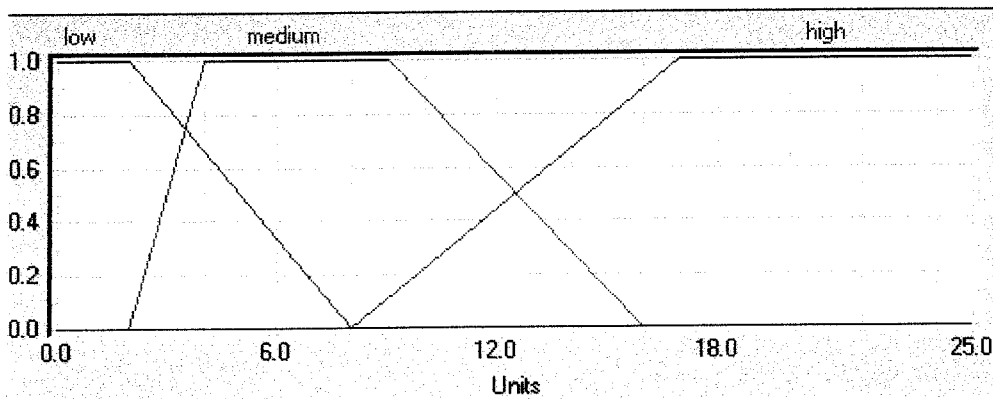


Figure 1: MBF of "annoauto"

Term Name	Shape/Par.	Definition Points (x, y)
low	linear	(0, 1) (2, 1) (8, 0) (25, 0)
medium	linear	(0, 0) (2, 0) (4, 1) (9, 1) (16, 0) (25, 0)
high	linear	(0, 0) (8, 0) (17, 1) (25, 1)

Table 1: Definition Points of MBF "annoauto"

4.2 Processo di Inferenza

Blocco di Regole

I blocchi di regole contengono le preferenze decisionali di un sistema Fuzzy. Ogni blocco contiene tutte le regole necessarie all'analisi dello stesso contesto, che è il problema definito dallo stesso insieme di variabili (sia di input che di output).

La parte "If" della regola descrive la situazione per la quale la regola è utilizzata. La parte "Then" descrive il risultato del sistema in relazione al verificarsi di quella situazione. Il "Degree of Support" (DoS) è il peso con la quale viene utilizzata la regola in esame.

L'elaborazione delle regole inizia con il calcolo della parte "If". Il tipo di operatore usato dalla regola determina il risultato.

Gli operatori possibili sono MIN-MAX, MIN-AVG e GAMMA.

L'operatore MIN è una generalizzazione dell'operatore Booleano AND, così come l'operatore MAX è una generalizzazione dell'operatore Booleano OR.

La composizione delle regole aggrega le diverse regole che hanno stesso valore di output. Se viene utilizzato l'operatore BSUM sono utilizzate tutte le regole, mentre se si utilizza l'operatore MAX vengono utilizzate soltanto le regole dominanti.

Parameter

Aggregation: MINMAX
 Parameter: 0.00
 Result Aggregation: MAX
 Number of Inputs: 2
 Number of Outputs: 1
 Number of Rules: 9

IF		THEN	
annoauto	Cilindrata	DoS	affidabilitamez
low	low	1.00	medium
low	medium	1.00	high
low	high	1.00	high
medium	low	1.00	low
medium	medium	1.00	low
medium	high	1.00	high
high	low	1.00	low
high	medium	1.00	low
high	high	1.00	medium

4.2.1 Aggregazione della parte "IF" delle Regole

L'aggregazione dell'antecedente (cioè della singola regola, della parte if) combina le condizioni espresse sulle variabile Annoauto e Cilindrata e definisce se è valida per il dato corrente. In altre parole verifica il grado di verità (di appartenenza alla MBF) del valore di input rispetto a ciascun termine. La regola sarà attivata (cioè la variabile di output avrà il valore definito dalla regola) per il grado di validità (verità) minimo della parte if della regola. L'aggregazione dell'antecedente valuta la parte IF e determina il valore della parte THEN di quella regola

es.

- if annoauto è basso AND Cilindrata è basso THEN affidabilitamez è basso
- se annoauto è basso per uno 0,35 e
- la affidabilitamez è basso per 0,5

- la regola viene attivata per lo 0,35, cioè per il $\min(\mu_{il}, \mu_{cl})=0,35$ che è il valore più basso di appartenenza tra i due attributi

4.2.2 Aggregazione della parte “THEN” delle Regole:

se esiste una seconda regola del tipo :

- if annoauto è medio AND Cilindrata è basso THEN affidabilitamez è basso
- attivata (con lo stesso principio) per 0,25

nell' aggregazione del conseguente con operatore MAX (o composizione delle regole, cioè delle parti then) ogni termine della variabile linguistica di output vale $\max(\mu_{r1}, \mu_{r2})$ cioè la variabile di output sarà basso per il valore massimo (valore tipico) tra quello raggiunto dalle regole che attivano lo stesso attributo di output. Se più regole portano allo stesso valore linguistico (attributo) della variabile di output, il valore col quale tale variabile è valutata con quell'attributo, è quello massimo tra quelli raggiunti dalle diverse regole. L'aggregazione del conseguente effettua un confronto tra le regole che danno lo stesso risultato linguistico per la variabile di output, scegliendo quella che dà un valore più alto.

Tale valore massimo viene chiamato valore tipico di ogni termine della variabile di output

La composizione delle regole consente di ottenere un primo risultato in termini linguistici (es. decisamente basso, appena un po' alto...).

Se si vuole ottenere un valore numerico come risultato anziché un giudizio espresso in termini linguistici, si ricorre alla Defuzzificazione dell'output.

4.3 Defuzzificazione dell'output

In questa fase il risultato linguistico viene tradotto in numerico dando a ciascun valore massimo dei valori tipici delle variabili di Output il peso con cui viene attivata quell'azione, ricavando la posizione sull'asse x (centro dei massimi, $CoM(\text{aximum})$, $CoG(\text{ravity})$)

Nella Defuzzificazione dell'output possono essere utilizzati diversi metodi, sia nel caso del 'most plausible result' che ottenuti come 'best compromise'.

Il 'best compromise' viene realizzato con i metodi:

CoM (Center of Maximum)

CoA (Center of Area)

CoA BSUM, a version especially for efficient VLSI implementations

Il 'most plausible result' viene realizzato con i metodi:

MoM (Mean of Maximum)

MoM BSUM, a version especially for efficient VLSI implementations

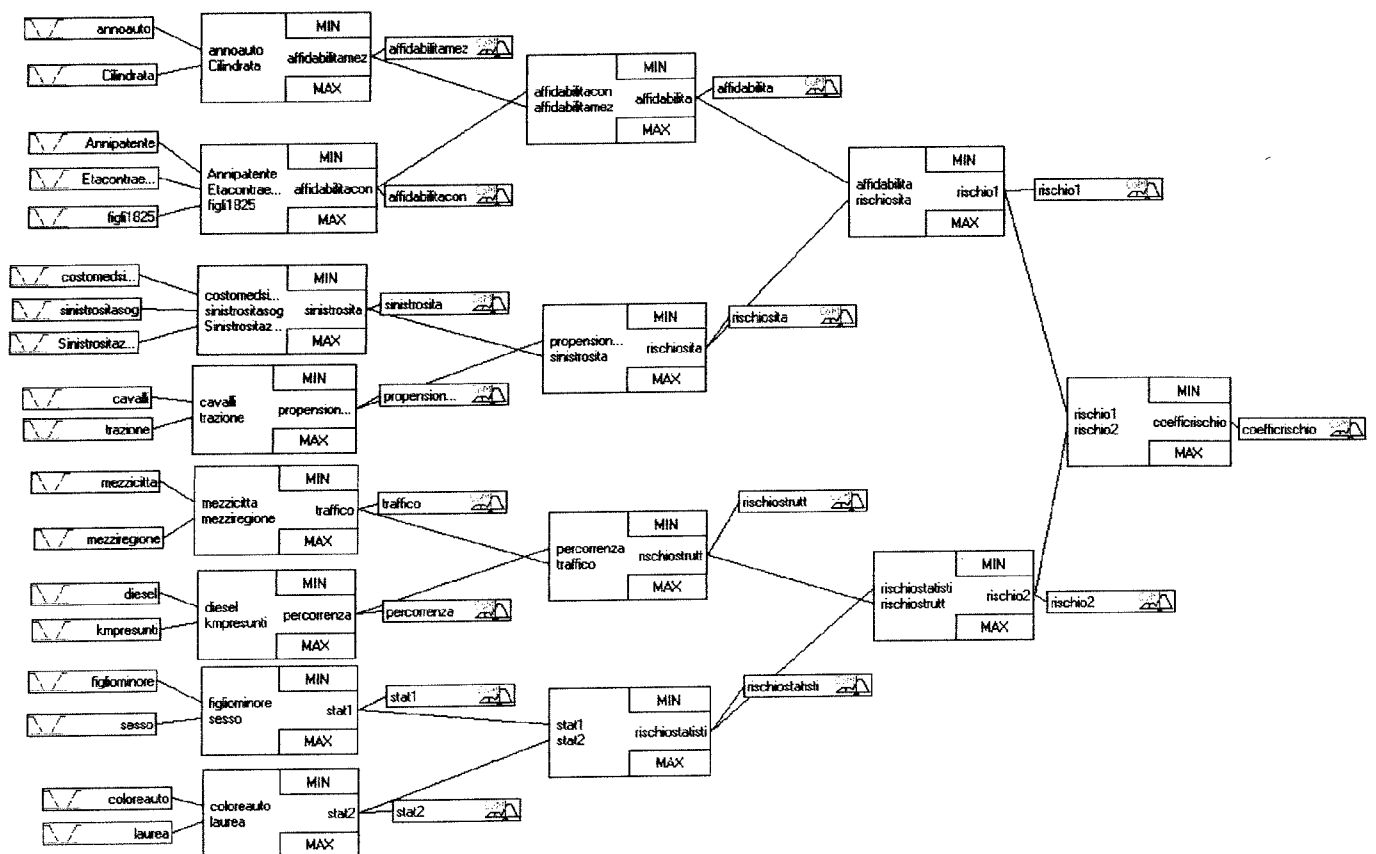
5. Modello Fuzzy per la determinazione dei premi

Il sistema decisionale "tradizionale" delle Compagnie assicurative si basa su un sistema di Score-cards che contengono un limitatissimo numero di variabili, lasciando, come già anticipato, grande discrezionalità al personale commerciale. Alcune di queste variabili sono ritenute non significative o inesaurienti dagli stessi esperti intervistati. Essi hanno pertanto suggerito l'integrazione con un insieme di variabili utilizzate da tempo, ma non "istituzionalizzate" dalla Compagnia. Per esempio, la potenza fiscale viene utilizzata solitamente in sostituzione della potenza reale per la valutare la sicurezza del mezzo, in quanto a potenze fiscali basse vengono normalmente associate auto vetture poco potenti in termini di cavalli erogati. Questo parametro non corrisponde alla realtà: la potenza reale infatti può divergere sensibilmente da quella fiscale data l'innovazione tecnologica dei recenti motori (es. circolano vetture 1.6 con 160 cavalli).

Gli esperti intervistati sono stati due e appartengono a differenti ambiti professionali legati alle assicurazioni: il primo si occupa del settore amministrativo-commerciale, il secondo del settore liquidazione. L'intervista combinata dei due esperti ha portato ad individuare parametri nuovi che misurano la rischiosità del cliente non solo su base "presuntiva" del personale commerciale, ma anche più concreta del personale liquidatore. Infatti, l'esperienza del liquidatore evidenzia categorie a rischio non inseribili nelle score-cards ma nella pratica comunicate in modo informale agli amministratori, come ad esempio le generalità di note famiglie di truffatori. Le informazioni rilasciate dagli esperti hanno permesso di realizzare un'applicazione per la valutazione della rischiosità dei clienti basata su 18 variabili di input interconnesse e con importanza differente.

5.1 Aggregazione delle variabili di input e definizione delle funzioni di appartenenza

Schema del modello:



L'aggregazione delle variabili di input è stata effettuata seguendo le indicazioni degli esperti nell'ottica della costruzione di quattro diversi rami di analisi:

- 1) affidabilità
- 2) rischiosità
- 3) rischio strutturale
- 4) rischio statistico

1) Affidabilità

Questa variabile è frutto dell'aggregazione delle valutazioni relative all'affidabilità del veicolo e del conducente, privilegiando naturalmente quella del conducente. Questa è l'unica variabile intermedia "positiva" del progetto, infatti esprime un giudizio positivo per valori vicini all'estremo superiore dell'intervallo di definizione.

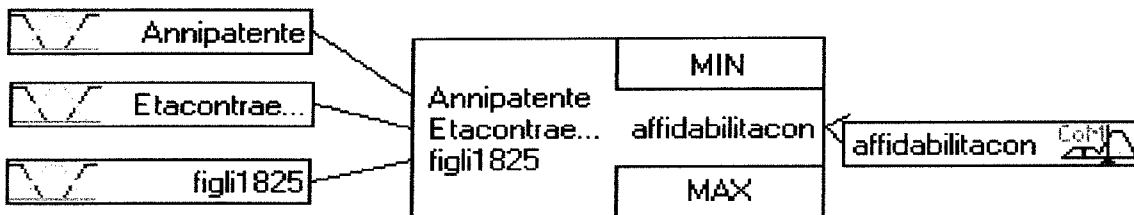
L'affidabilità del conducente è una variabile intermedia che deriva dalla valutazione di tre variabili di input:

- **Età del conducente:** dal punto di vista assicurativo il conducente compreso nella fascia di età 18-29 è considerato molto rischioso data la scarsa esperienza e il basso grado di responsabilità.

Nella fascia 29-52, che ha il suo apice in 40, il conducente è considerato responsabile ed ormai esperto e quindi poco rischioso.

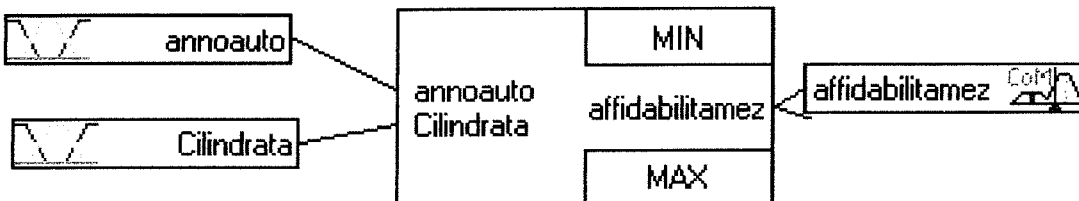
Nella fascia oltre i 52 anni il conducente risulta più rischioso che nella fascia intermedia per motivi legati alla vecchiaia (calo della vista, diminuzione dei riflessi...).

- **Anni di patente:** l'affidabilità cresce proporzionalmente al numero di anni di patente.
 - **Figli 18/25 (anni):** tale variabile di input potrebbe risultare di difficile comprensione. La presenza nel nucleo familiare di figli compresi nella fascia di età 18-25 anni aumenta la rischiosità del contraente in quanto si presume che il veicolo assicurato sia guidato anche da tali soggetti la cui fascia di età è considerata estremamente a rischio di incidenti.
- . Ai fini dell'aggregazione ai primi due input è stato attribuito lo stesso peso. L'attivazione del terzo input invece tende ad incidere in modo più significativo abbassando l'affidabilità anche nei casi in cui i primi due fattori diano risultati positivi. (Vedi blocco di regole n°1)



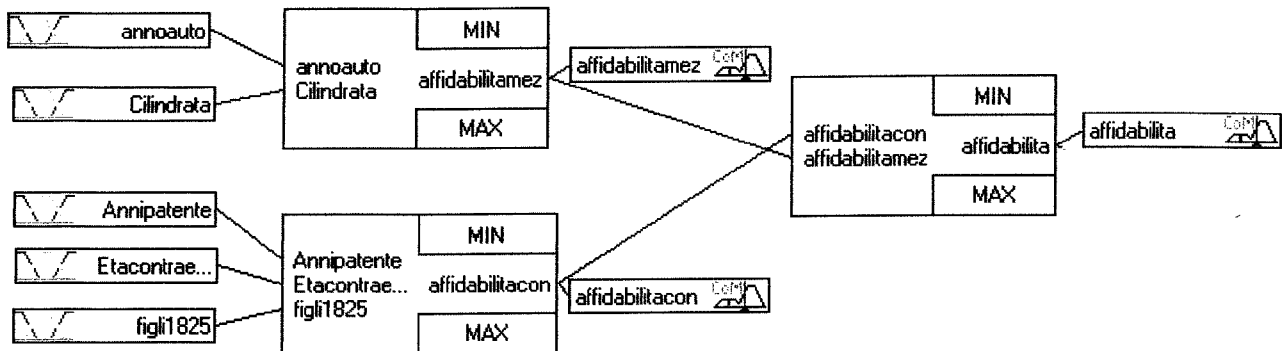
L'affidabilità del mezzo è una variabile intermedia che deriva dalla valutazione di due variabili di input:

- **Anni di vita dell'auto:** l'affidabilità decresce proporzionalmente rispetto agli anni d'uso dell'auto che ne deteriorano le qualità.
- **Cilindrata:** l'affidabilità cresce proporzionalmente alla potenza dell'auto e di conseguenza agli allestimenti di sicurezza di cui viene dotata.



Ai fini dell'aggregazione, agli input non è stato attribuito lo stesso peso; infatti, a parità di anzianità del mezzo le cilindrata maggiori continuano a garantire maggiori prestazioni e quindi maggiori livelli di sicurezza. (Vedi blocco di regole n°2)

Nel calcolo dell'affidabilità complessiva (RB9), si privilegia naturalmente l'aspetto riguardante il conducente, infatti, anche un mezzo ottimo affidato ad un conducente inesperto risulta essere rischioso.



2) Rischiosità

La rischiosità prende in considerazione la propensione al rischio soggettiva e la relativa alla zona in cui il cliente circola, oltre che alla frequenza ed entità dei sinistri a lui precedentemente occorsi.

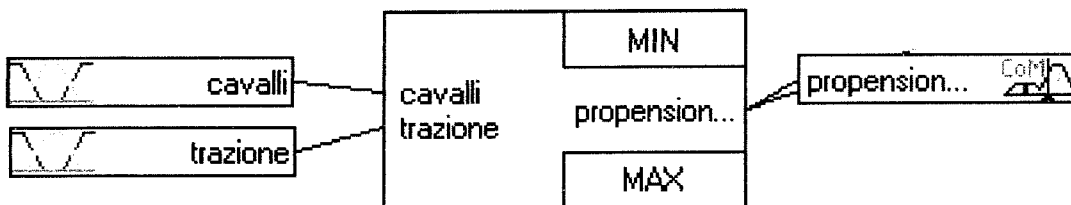
Nella formazione di questa variabile emerge chiaramente la tendenza a penalizzare molto pesantemente soggetti dal passato assicurativo anche minimamente sinistrorso.

Per esempio, ad un individuo che denunci 3 sinistri nel corso di un anno e al quale sia stata notificata la disdetta da un'altra compagnia assicurativa, viene proposto un premio estremamente alto.

La **propensione al rischio** dipende da:

- **Trazione:** si privilegia la trazione integrale che garantisce maggiore sicurezza anche in situazioni estreme. La trazione posteriore risulta la meno sicura anche perché spesso associata a veicoli "sportivi".
- **Cavalli:** un'alta potenza del mezzo pur garantendo prestazioni elevate aumenta il rischio di sinistri e quindi viene penalizzata.

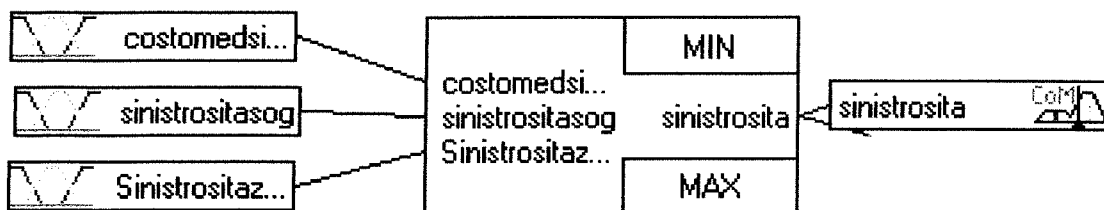
Ai fini dell'aggregazione, agli input è stato attribuito lo stesso peso, salvo il caso in cui il numero di cavalli sia molto elevato. In tal caso si presuppone un utilizzo "sportivo" dell'auto e quindi un'alta propensione al rischio. (Vedi blocco di regole n°4)



La **sinistrosità** dipende da:

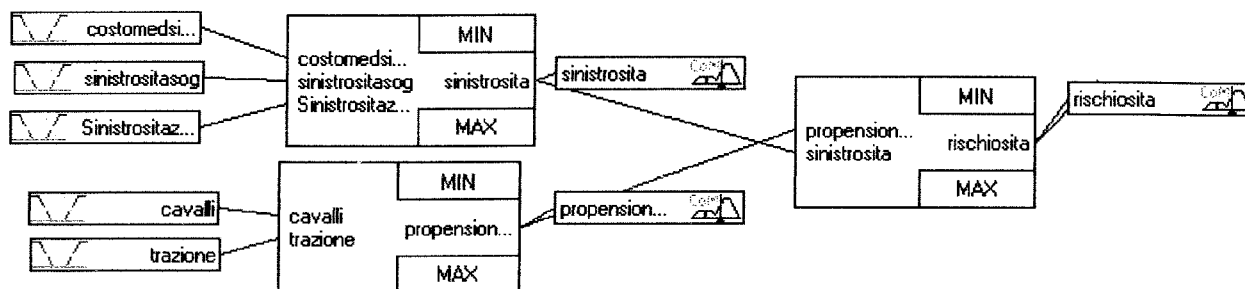
- **Sinistrosità del soggetto:** tale variabile rappresenta il numero di sinistri con percentuale di colpa in cui l'assicurato è stato coinvolto negli ultimi due anni. Il cliente viene considerato poco desiderabile già a partire da due sinistri.

- **Sinistrosità della zona:** tale variabile rappresenta la percentuale di assicurati di una certa zona annualmente coinvolti in incidenti per i quali è loro imputabile una percentuale di colpa
- **Costo medio del sinistro:** rappresenta l'esborso medio subito dall'assicurazione per i sinistri degli ultimi due anni relativi al cliente in oggetto. Anche in questo caso emerge la tendenza a punire il più possibile i clienti sinistrorsi, tant'è che anche piccoli danni sono considerati in maniera piuttosto negativa.



Ai fini dell'aggregazione si è tenuto conto in maniera preponderante del giudizio estremamente negativo che si attribuisce sia ad un'alta sinistrosità del soggetto che ad un alto costo medio dei sinistri. Queste due variabili di conseguenza incidono maggiormente della sinistrosità di zona sulla determinazione del rischio. (Vedi blocco di regole n°3)

Nel calcolo della **rischiosità** dunque che unisce la valutazione della sinistrosità a quella della propensione al rischio privilegiando la prima delle due. Infatti, i dati oggettivi che si osservano nel calcolo della sinistrosità danno più fiducia di quelli semi-presuntivi che si utilizzano per la propensione al rischio.



3) Rischio strutturale

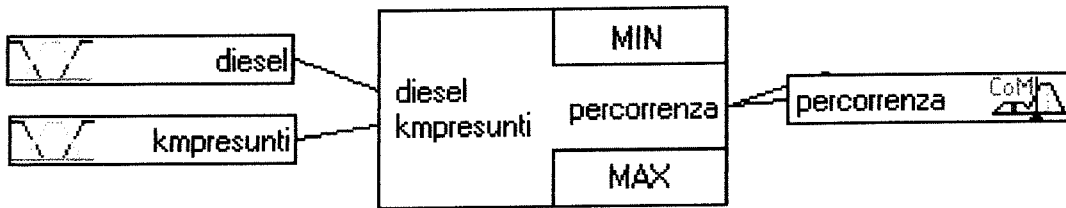
Il **rischio strutturale** descrive i rischi connaturati alla natura stessa dell'impiego (e quindi del chilometraggio presunto) dell'assicurato e alle condizioni della circolazione della zona nella quale risiede.

Ad esempio, un rappresentante commerciale sarà portato ad una lunga percorrenza, legata alla sua professione, che lo espone ad un rischio elevato.

Parimenti si suppone che chi acquisti una vettura diesel lo faccia per ammortizzare i costi di lunghe percorrenze.

La variabile **percorrenza** dipende da:

- **Km presunti:** indica il chilometraggio che si presume che il cliente percorrerà.
- **Diesel:** indica se l'assicurato utilizza una vettura a nafta.

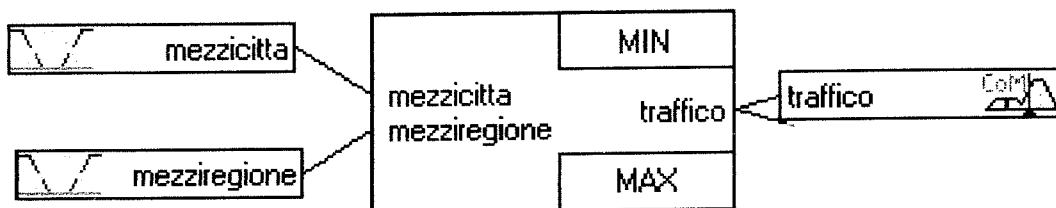


Ai fini dell'aggregazione si è tenuto conto in maniera preponderante del chilometraggio presunto in quanto maggiormente indicativo. Non sempre infatti le vetture diesel sono utilizzate per lunghe percorrenze e una generalizzazione penalizzerebbe iniquamente alcuni clienti. (Vedi blocco di regole n°5)

La variabile **traffico** dipende da:

- **Mezzi città:** che indica il numero di vetture circolanti nella provincia di domicilio.
- **Mezzi regione:** che indica il numero di vetture circolanti nella regione di domicilio.

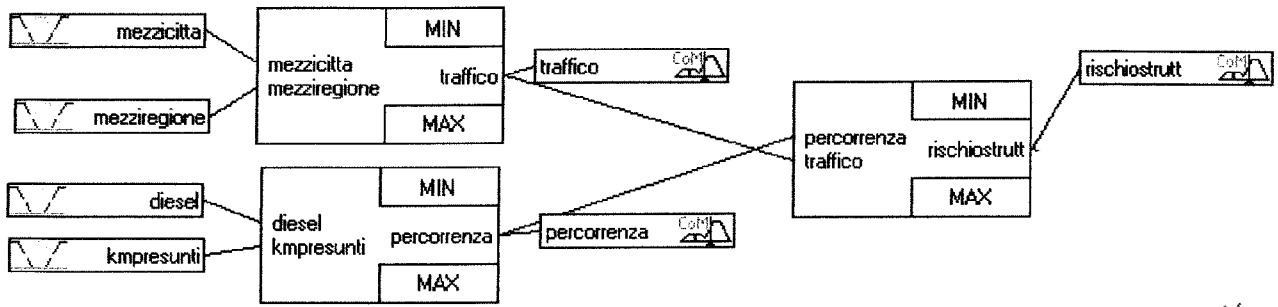
In entrambi i casi sono ovviamente penalizzati coloro che risiedono in zone molto trafficate, in quanto, in dette zone la probabilità di sinistri è elevata.



Ai fini dell'aggregazione si è tenuto in considerazione che la percentuale di incidenti in zona urbana è superiore e che per la maggior parte degli assicurati la città è il luogo dove utilizzano il veicolo in maniera preponderante.

Da queste considerazioni deriva il maggior peso attribuito alla variabile Mezzi città. (Vedi blocco di regole n°6)

Nel calcolo del **rischio strutturale** si noti il maggior peso che la percorrenza riveste, questo sempre nell'ottica di conferire maggior importanza a dati oggettivi e personali relativi alla situazione dell'assicurato piuttosto che a dati ambientali o prettamente statistici.



4) **Rischio statistico**

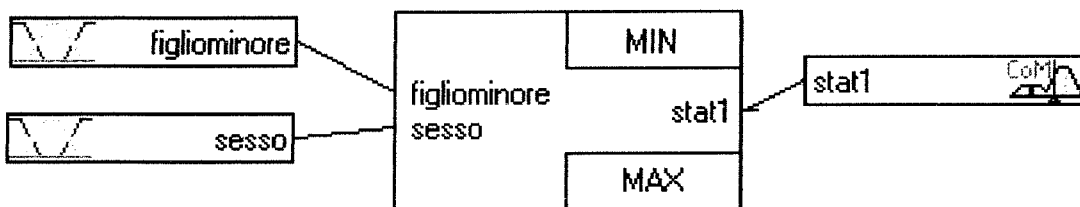
Il **rischio statistico** si fonda puramente su dati statistici raccolti dalle compagnie e dall'ISTAT e comunemente usati nel processo decisionale anche se non presenti nelle score-cards.

Nel nostro progetto queste variabili assumono un peso molto inferiore rispetto alle precedenti, in quanto hanno solo carattere di rifinitura di un'informazione che si basa su dati ben più concreti e incidenti di una statistica.

La variabile **statistica1** dipende da:

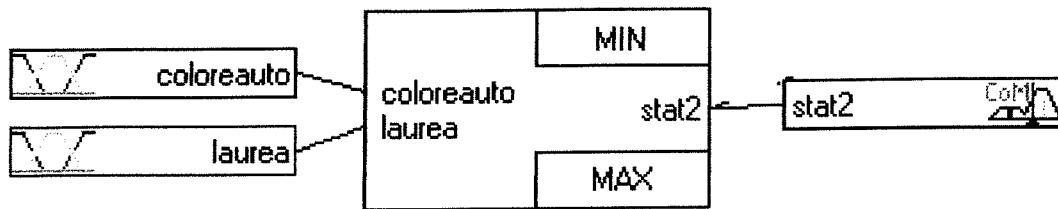
- **Figlio minore:** che indica l'età del figlio minore del contraente. Nel caso in cui il contraente abbia un figlio molto giovane è statisticamente provato la sua responsabilità aumenta.
- **Sesso:** anche in questo caso si tratta di un dato puramente statistico; risulta infatti che le donne sono meno sinistrorse.

Ai fini dell'aggregazione non si è dato peso particolare a nessuna delle due. (Vedi blocco di regole n°7)



La variabile **statistica2** dipende da:

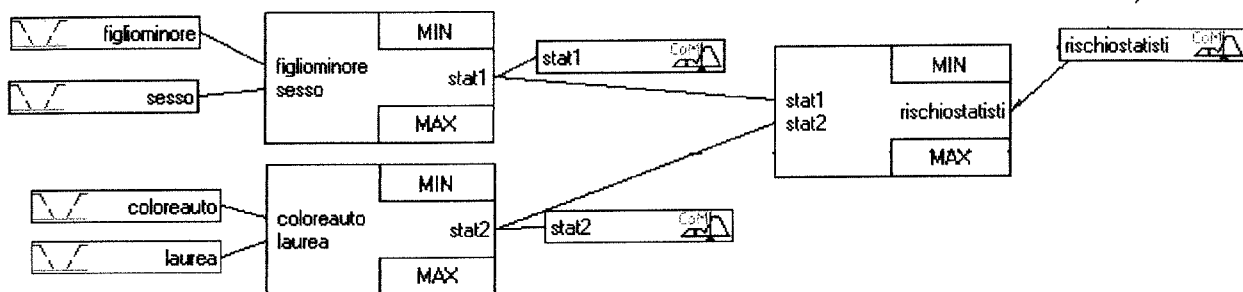
- **Colore auto:** questa variabile identifica la visibilità dell'auto. Infatti le vetture con colori vividi o sgargianti risultano più visibili sulla sede stradale, questo fa sì che gli altri automobilisti vi prestino maggiore attenzione.
- **Laurea:** anche in questo caso si tratta di un dato puramente statistico; risulta infatti che i laureati siano meno sinistrorsi.



Nel calcolo del rischio statistico non si è dato particolare rilievo a nessuno degli input soprattutto a fronte della loro natura.

Le variabili affidabilità e rischioosità vengono ulteriormente aggregate per produrre **rischio1**, una delle variabili dell'ultimo livello.

Il blocco di regole evidenzia come la rischioosità abbia un peso maggiore rispetto all'affidabilità, questo a conferma della prassi, già esposta nell'introduzione, di penalizzare il cliente laddove questo presenti carenze piuttosto che premiarlo per le sue doti.



Anche le variabili rischio strutturale e rischio statistico vengono ulteriormente aggregate per produrre **rischio2**, la seconda variabile dell'ultimo livello.

In questo caso si dà molto più peso alla variabile rischio strutturale in quanto è sicuramente più rilevante e oggettiva.

Infine, le due variabili appena citate concorrono a determinare il coefficiente finale di rischio. Si noti il peso maggiore conferito a rischio1. Questo è dovuto alla natura degli elementi che compongono quest'ultima variabile, ritenuti più significativi.

Si noti infine che, per meglio descrivere il coefficiente di rischio si utilizzano 5 termini di definizione.

Il coefficiente di rischio finale definisce la rischioosità del cliente considerato e può essere utilizzato per determinare il premio "aggiuntivo" rispetto all'importo minimo fissato dalla compagnia assicuratrice. Il premio aggiuntivo rappresenta la copertura al maggior rischio attribuita al singolo assicurato rispetto all'individuo "perfetto".

5.2 Risultati dell'applicazione

I dati ottenuti dalle Compagnie Assicuratrici riguardano le indagini effettuate su circa 400 richieste di rimborso e non offrono informazioni sulla politica utilizzata nella determinazione dei premi.

Il confronto è stato quindi effettuato tra l'indice di rischio dei clienti calcolato dall'applicazione e la valutazione di rischio dei clienti effettuata dai funzionari delle Compagnie addetti alla liquidazione dei sinistri avvenuti.

TAB 1

ID	Sease ms=0 f=1	Età	Anni auto	Cilindrata	Anni patente	Figli 1825	Diesel=0 Benzina=1	KM Presunti	Sinistrosità zona	Sinistrosità soggetto	Cavalli	Trazione	Numero mezzi città	Numero mezzi regione	Età figlio minore	Laurea si=0 no=1	Costo medio sinistro	RISCHIOSITA' DEL CLIENTE	LIQUIDAZIONE EFFETTUATA?	
1	1	53	6	1100	33	1	1	33.044	0	14	66	2	300.000	1.500.000	11	2	1	1.800.000	54,3%	SI
2	0	39	12	999	19	0	1	59.021	0	12	60	2	200.000	1.500.000	9	0	1	720.000	25,0%	SI
3	0	52	2	1242	32	1	1	17.240	0	12	100	1	200.000	1.500.000	20	0	0	2.160.000	62,5%	SI
4	0	57	8	1000	37	1	1	30.000	0	10	60	1	200.000	1.500.000	5	0	0	850.000	61,7%	SI
5	0	29	8	1991	9	0	1	105.457	3	12	119	1	200.000	1.500.000	0	1	1	12.000.000	100,0%	NO
6	0	48	0	1600	28	0	1	8.400	0	12	96	1	200.000	1.500.000	6	0	0	2.200.000	48,8%	SI
7	1	50	4	1753	30	0	0	90.000	0	12	05	1	200.000	1.500.000	8	0	0	2.041.000	58,9%	SI
8	1	50	10	2500	30	0	0	123.475	0	14	66	1	300.000	1.500.000	7	1	0	850.000	55,4%	SI
9	1	45	6	1242	25	0	1	56.842	0	12	75	1	200.000	1.500.000	3	0	0	4.800.000	58,7%	SI
10	1	70	3	1598	50	1	1	39.877	0	12	96	1	200.000	1.500.000	18	0	0	2.583.000	66,3%	SI
11	0	50	10	1581	30	0	1	103.443	0	10	95	3	200.000	1.500.000	0	1	0	1.800.000	32,1%	SI
12	1	42	8	1242	22	0	1	40.529	0	12	75	1	200.000	1.500.000	9	0	0	1.260.000	62,5%	SI
13	1	55	6	1796	35	1	1	65.000	0	8	88	2	100.000	1.500.000	20	0	0	1.168.000	62,5%	SI
14	0	45	5	3200	25	0	1	11.000	0	12	90	1	200.000	1.500.000	2	0	0	4.250.000	62,5%	SI
15	1	60	17	700	40	1	1	120.352	0	8	42	1	100.000	1.500.000	16	1	0	1.100.000	75,0%	SI
16	1	55	8	1779	35	0	1	50.000	1	12	80	3	200.000	1.500.000	0	0	0	650.000	50,0%	SI
17	0	52	4	1108	32	1	1	35.000	0	12	60	2	200.000	1.500.000	21	0	1	420.000	25,0%	SI
18	0	50	2	1779	30	0	1	47.099	0	8	107	1	100.000	1.500.000	9	0	0	1.380.000	69,4%	SI
19	1	46	5	2500	26	0	0	119.500	0	8	150	1	100.000	1.500.000	11	0	0	2.430.042	68,4%	SI
20	1	50	4	1100	30	1	0	40.735	1	14	66	1	300.000	1.500.000	21	1	0	730.000	87,5%	NO
21	1	53	11	1779	33	1	1	98.530	0	8	90	1	100.000	1.500.000	9	0	0	3.844.864	74,7%	SI
22	1	66	1	2500	46	0	0	20.000	0	12	150	2	200.000	1.500.000	34	1	0	900.000	53,7%	SI
23	1	37	1	2300	17	1	1	15.000	1	14	138	1	300.000	1.500.000	21	1	0	1.587.000	100,0%	NO
24	1	48	11	903	28	0	1	87.500	0	12	54	1	200.000	1.500.000	0	0	0	850.000	50,0%	SI
25	1	30	9	1995	10	0	1	102.380	0	8	90	2	100.000	1.500.000	0	0	0	960.000	55,9%	SI
26	1	55	5	1099	35	0	1	85.556	1	8	66	1	100.000	1.500.000	0	0	0	500.000	50,0%	SI
27	1	33	2	1799	13	0	1	28.766	0	12	108	1	200.000	1.500.000	5	0	0	1.323.138	72,1%	SI
28	1	30	1	2000	10	0	0	12.000	3	10	120	1	200.000	1.500.000	0	1	1	10.000.000	89,0%	NO
29	0	51	3	954	31	1	1	20.000	0	10	57	1	200.000	1.500.000	20	0	0	1.713.696	62,5%	SI
30	0	27	1	1390	7	0	1	12.311	0	10	83	1	200.000	1.500.000	0	0	0	2.815.280	56,9%	SI
31	1	40	1	2500	20	0	1	14.100	0	10	150	1	200.000	1.500.000	0	0	0	800.000	37,5%	SI
32	1	44	3	1300	24	0	1	31.400	0	10	78	1	200.000	1.500.000	0	0	0	4.270.000	73,0%	SI
33	1	27	4	1800	7	0	1	75.000	0	12	108	1	200.000	1.500.000	0	1	1	3.591.000	82,3%	NO
34	0	29	5	1800	9	0	1	76.800	1	12	08	1	200.000	1.500.000	0	1	1	2.580.000	93,2%	NO
35	1	40	8	3200	20	0	1	12.000	0	8	60	1	100.000	1.500.000	0	0	0	12.295.000	76,0%	SI
36	1	35	3	1800	15	0	1	40.000	1	8	90	1	100.000	1.500.000	5	0	0	4.100.000	75,0%	SI
37	1	49	4	2000	29	1	1	80.000	0	12	20	1	200.000	1.500.000	22	1	1	8.850.000	91,4%	NO
38	0	48	9	1800	28	0	1	112.848	0	12	108	1	200.000	1.500.000	0	0	0	1.300.000	75,0%	SI
39	0	60	1	1242	40	0	1	8.000	0	12	75	1	200.000	1.500.000	0	1	0	8.890.000	61,6%	SI
40	0	69	2	1300	49	0	1	21.530	0	12	78	1	200.000	1.500.000	33	0	0	1.300.000	49,7%	SI
41	0	31	10	1372	11	0	1	91.344	3	12	82	2	200.000	1.500.000	5	1	1	4.100.000	100,0%	NO

42	1	34	30	3499	14	0	1	100.000	0	12	210	1	200.000	1.500.000	3	1	1	15.989.000	100,0%	NO
43	1	53	8	1100	33	0	1	60.000	0	12	66	1	200.000	1.500.000	9	1	0	4.820	62,5%	SI
44	1	42	3	1400	22	0	1	23.400	1	12	84	1	200.000	1.500.000	6	0	0	964.000	64,7%	SI
45	1	35	2	1581	15	0	1	32.000	0	12	95	1	200.000	1.500.000	5	0	0	1.388.000	71,1%	SI
46	0	40	4	1900	20	0	0	96.350	0	12	114	1	200.000	1.500.000	2	0	0	1.200.000	75,0%	SI
47	0	36	3	1100	16	0	1	22.800	0	8	66	1	100.000	1.500.000	5	0	0	1.680.000	56,3%	SI
48	1	44	6	1200	24	0	1	54.380	0	8	72	1	100.000	1.500.000	7	0	0	3.517.000	54,5%	SI
49	0	38	6	1600	18	0	1	68.500	0	8	96	1	100.000	1.500.000	5	0	0	3.089.000	77,4%	SI
50	0	52	0	1900	32	1	0	10.338	0	8	114	1	100.000	1.500.000	20	0	0	879.690	62,4%	SI

La Tabella 1 contiene i dati dei primi 50 record dei 400 clienti analizzati. Alle colonne di dati dei 18 input utilizzati segue quella contenente l'indice di rischio del singolo cliente calcolato dal modello. L'ultima colonna ("Liquidazione effettuata (SI/NO) ") indica se l'ultima richiesta di rimborso effettuata da quel cliente è stata liquidata dalla Compagnia oppure no, sulla base delle valutazioni degli esperti liquidatori. Confrontando le ultime due colonne è possibile notare come i casi di rimborso negato siano associati ad una valutazione maggiore della rischio del cliente. Più precisamente i clienti non liquidati hanno un indice di rischio che varia tra l'82,3% e il 100%, mentre quelli che hanno ottenuto il rimborso hanno punteggi compresi tra il 25 e il 77,4%.

Il confronto tra i risultati ottenuti e le valutazioni sulla veridicità delle richieste di rimborso attesta la buona capacità del modello di segnalare ex ante possibili situazioni di truffe ai danni delle Compagnie Assicuratrici. Oltre ad evidenziare i casi di maggior rischio, l'applicazione può essere utilizzata per la corretta determinazione dei premi in relazione al diverso grado di rischio del cliente.

Calcolato una maggiorazione di premio massima (es. Lit. 1.000.000), la Compagnia può decidere di fissare, sulla base della distribuzione dell'indice di rischio, una soglia inferiore entro la quale non applicare nessun sovrapprezzo ed una superiore oltre la quale applicare il premio massimo.

Per tutti i clienti con punteggi compresi tra le due soglie di merito, la determinazione del premio può essere effettuata con la dovuta precisione, in relazione al punteggio ottenuto da quel particolare cliente, come percentuale del sovrapprezzo stabilito.

Utilizzando la seguente formula per il calcolo della Maggiorazione del Premio:

$M_p = 0$ se Rischiosità cliente $\leq 40\%$

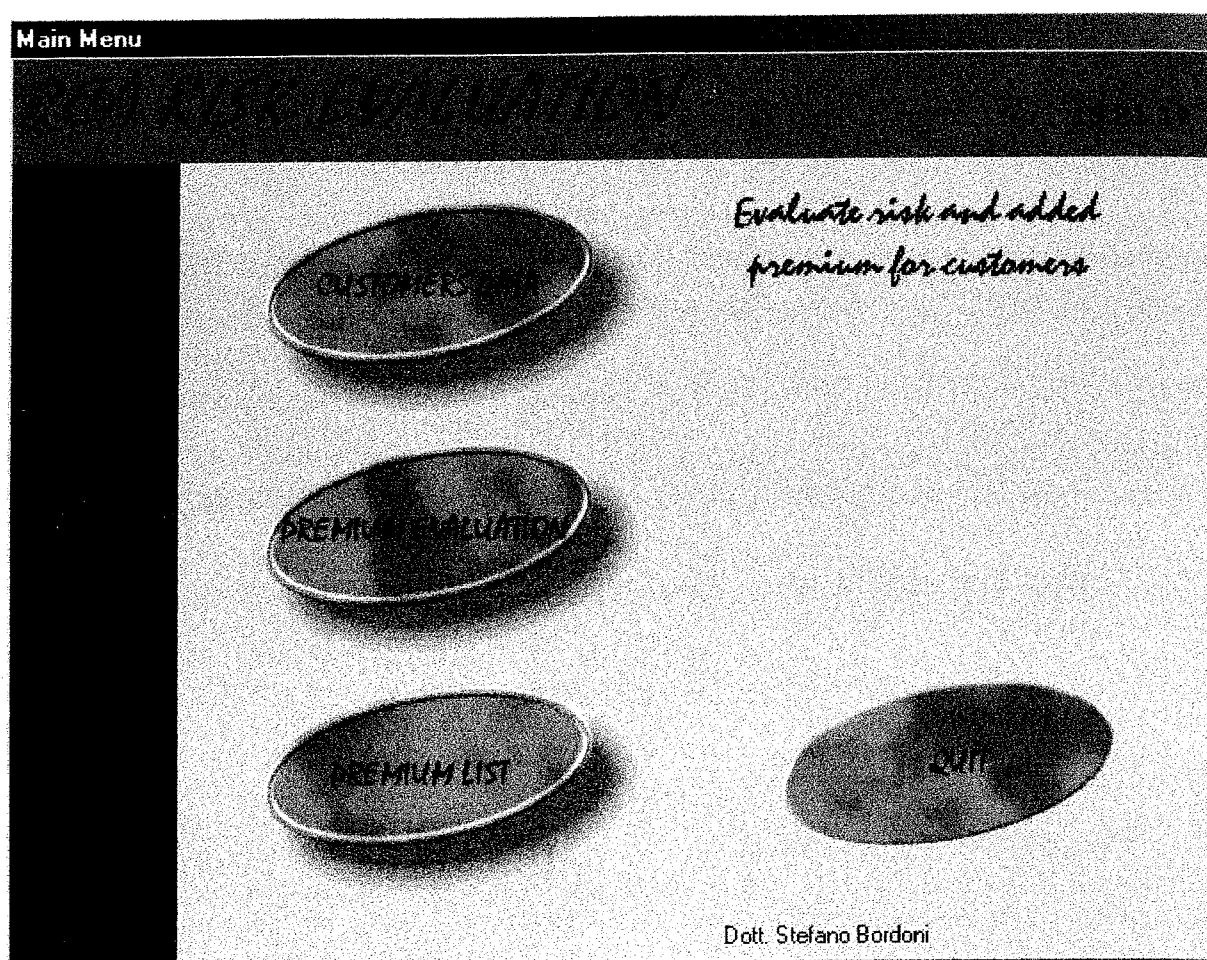
$M_p = 1.000.000$ se Rischiosità cliente $\geq 80\%$

$M_p = (R.Cliente * 1.000.000) - 400.000$ se Rischiosità cliente $\geq 40\%$ e $\leq 80\%$

la distribuzione dei premi calcolati sarebbe la seguente:

RISCHIOSITA' DEL CLIENTE	LIQUIDAZIONE EFFETTUATA	MAGGIORAZIONE PREMIO
54,3%	SI	142.520
25,0%	SI	-
62,5%	SI	225.000
61,7%	SI	216.500
100,0%	NO	1.000.000
48,8%	SI	88.480
58,9%	SI	189.280
55,4%	SI	154.320
58,7%	SI	187.440
66,3%	SI	262.660
32,1%	SI	-
62,5%	SI	225.000
62,5%	SI	224.940
62,5%	SI	225.000
75,0%	SI	350.000
50,0%	SI	100.000
25,0%	SI	-
69,4%	SI	293.760
68,4%	SI	284.240
87,5%	NO	1.000.000
74,7%	SI	346.600
53,7%	SI	136.600
100,0%	NO	1.000.000
50,0%	SI	100.000
55,9%	SI	158.800
50,0%	SI	100.000
72,1%	SI	320.980
89,0%	NO	1.000.000
62,5%	SI	225.000
56,9%	SI	168.920
37,5%	SI	-
73,0%	SI	330.180
82,3%	NO	1.000.000
93,2%	NO	1.000.000
76,0%	SI	359.620
75,0%	SI	350.000
91,4%	NO	1.000.000
75,0%	SI	350.000
61,6%	SI	216.480
49,7%	SI	97.240
100,0%	NO	1.000.000
100,0%	NO	1.000.000
62,5%	SI	225.000
64,7%	SI	246.700
71,1%	SI	310.540
75,0%	SI	350.000
56,3%	SI	163.400
54,5%	SI	145.440
77,4%	SI	373.740
62,4%	SI	224.000

6. Software utilizzato



L'elaborazione dei dati è stata effettuata attraverso la realizzazione di un'applicazione originale, contenenti un'interfaccia grafica scritta in linguaggio VBA (vedi Maschera) collegato ad un progetto FTL realizzato con il tool FuzzyTECH della INFORM Software Corp.

7. Conclusioni

Il modello utilizzato consente di valutare la rischiosità del cliente della Compagnia assicurativa al momento della stipula della nuova polizza o del rinnovo della medesima.

Il punteggio raggiunto da ciascun cliente consente di:

- segnalare preventivamente alla Compagnia situazioni di alta rischiosità
- applicare in modo mirato procedure di accertamento per i clienti più rischiosi
- determinare in modo più preciso e personalizzato il premio richiesto all'assicurato, a vantaggio dei clienti meno rischiosi e penalizzando o scoraggiando la stipula del contratto dei meno desiderabili

Bibliografia.

- [1] Bojadziev G., Bojadziev M. (1997). "Fuzzy logic for business, finance, and management", World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- [2] Caccaviello C., Percuoco A. (1995). "Diritto delle assicurazioni private", Edizioni Simoni.
- [3] Cammarata S. (1997). "Sistemi a logica fuzzy", Etas Libri.
- [4] CERAP (Centro di ricerche assicurative e previdenziali dell'università Bocconi) (1994). "Manuale delle assicurazioni private".
- [5] Circolare ISVAP n°399/S del 2 febbraio 2000. Oggetto "Indagine sul fenomeno della criminalità nel settore assicurativo.
- [6] Conti C., Mariotti P. (1999). "I tuoi diritti di assicurato", Manuali Hoepli.
- [7] Donati A., Volpe Putzolu G. (1999). "Manuale di diritto delle assicurazioni", Giuffrè editore, 5° edizione.
- [8] Facchinetti G., Bordoni S., Mastroleo G. "Bank Creditworthiness using fuzzy systems: A Comparison with a Classical Analysis Technique", Sul volume Risk Assesment and Management in management, Environment and Finance. Da Ruan, Fedrizzi M. and Kacprzyk J. Eds. Springer Verlag Press. To appear.
- [9] Facchinetti G., Mastroleo G., Paba S., "A fuzzy approach to the geography of industrial districts" su Proceedings del 2000 ACM Symposium on Applied Computing. Carrol J. Damiani E., Haddam H. Oppenheim D. Eds. Vol.1 514-518.
- [10] Facchinetti G., Mastroleo G., "A fuzzy approach for granting personal credit". Su Proceedings del Third Spanish-Italian Meeting on Financial Mathematics. Bilbao. To appear
- [11] Klir G. J., Folger T. (1988). "Fuzzy sets, uncertainly, and information", Prentice Hall PTR
- [12] Mandani E. H. (1993). "Twenty Years of Fuzzy Control: Experiences Gained and Lesson Learnt", Second IEEE International Conference on Fuzzy Sistem, pag. 339-344.
- [13] Miniello M. "Assicurazione (contratto di...)" in Enciclopedia della banca e della borsa, CEI Compagnie Edizioni Internazionali.
- [14] Von Altrock C. (1997). "Fuzzy logic and Neurofuzzy applications in Business and Finance", Prentice-Hall, Inc., NJ.
- [15] Zimmermann H.-J. (1984). "Fuzzy Set Theory - and Its Applications", Second printing, 1986, Kluver Academic Publisher
- [16] Zimmermann H.-J. and Zysno (1980). "Decision Analysis and Evaluations by Hierarchical Aggregation of Information", Fuzzy Sets and System, vol.4, pag. 37-51.
- [17] Facchinetti G., Mastroleo G., "La Valutazione del rischio di frode nel ramo assicurativo. RC auto: una proposta in logica Fuzzy". Materiali di discussione n. 319

1. Maria Cristina Marcuzzo [1985] "Yoan Violet Robinson (1903-1983)", pp. 134
2. Sergio Lugaresi [1986] "Le imposte nelle teorie del sovrappiù", pp. 26
3. Massimo D'Angelillo e Leonardo Paggi [1986] "PCI e socialdemocrazie europee. Quale riformismo?", pp. 158
4. Gian Paolo Caselli e Gabriele Pastrello [1986] "Un suggerimento hobsoniano su terziario ed occupazione: il caso degli Stati Uniti 1960/1983", pp. 52
5. Paolo Bosi e Paolo Silvestri [1986] "La distribuzione per aree disciplinari dei fondi destinati ai Dipartimenti, Istituti e Centri dell'Università di Modena: una proposta di riforma", pp. 25
6. Marco Lippi [1986] "Aggregations and Dynamic in One-Equation Econometric Models", pp. 64
7. Paolo Silvestri [1986] "Le tasse scolastiche e universitarie nella Legge Finanziaria 1986", pp. 41
8. Mario Forni [1986] "Storie familiari e storie di proprietà. Itinerari sociali nell'agricoltura italiana del dopoguerra", pp. 165
9. Sergio Paba [1986] "Gruppi strategici e concentrazione nell'industria europea degli elettrodomestici bianchi", pp. 56
10. Nerio Naldi [1986] "L'efficienza marginale del capitale nel breve periodo", pp. 54
11. Fernando Vianello [1986] "Labour Theory of Value", pp. 31
12. Piero Ganugi [1986] "Risparmio forzato e politica monetaria negli economisti italiani tra le due guerre", pp. 40
13. Maria Cristina Marcuzzo e Annalisa Rosselli [1986] "The Theory of the Gold Standard and Ricardo's Standard Comodity", pp. 30
14. Giovanni Solinas [1986] "Mercati del lavoro locali e carriere di lavoro giovanili", pp. 66
15. Giovanni Bonifati [1986] "Saggio dell'interesse e domanda effettiva. Osservazioni sul cap. 17 della General Theory", pp. 42
16. Marina Murat [1986] "Betwin old and new classical macroeconomics: notes on Lejonhufvud's notion of full information equilibrium", pp. 20
17. Sebastiano Brusco e Giovanni Solinas [1986] "Mobilità occupazionale e disoccupazione in Emilia Romagna", pp. 48
18. Mario Forni [1986] "Aggregazione ed esogeneità", pp. 13
19. Sergio Lugaresi [1987] "Redistribuzione del reddito, consumi e occupazione", pp. 17
20. Fiorenzo Sperotto [1987] "L'immagine neopopulista di mercato debole nel primo dibattito sovietico sulla pianificazione", pp. 34
21. M. Cecilia Guerra [1987] "Benefici tributari nel regime misto per i dividendi proposto dalla commissione Sarcinelli: una nota critica", pp. 9
22. Leonardo Paggi [1987] "Contemporary Europe and Modern America: Theories of Modernity in Comparative Perspective", pp. 38
23. Fernando Vianello [1987] "A Critique of Professor Goodwin's 'Critique of Sraffa'", pp. 12
24. Fernando Vianello [1987] "Effective Demand and the Rate of Profits. Some Thoughts on Marx, Kalecki and Sraffa", pp. 41
25. Anna Maria Sala [1987] "Banche e territorio. Approccio ad un tema geografico-economico", pp. 40
26. Enzo Mingione e Giovanni Mottura [1987] "Fattori di trasformazione e nuovi profili sociali nell'agricoltura italiana: qualche elemento di discussione", pp. 36
27. Giovanna Procacci [1988] "The State and Social Control in Italy During the First World War", pp. 18
28. Massimo Matteuzzi e Annamaria Simonazzi [1988] "Il debito pubblico", pp. 62
29. Maria Cristina Marcuzzo (a cura di) [1988] "Richard F. Kahn. A discipline of Keynes", pp. 118
30. Paolo Bosi [1988] "MICROMOD. Un modello dell'economia italiana per la didattica della politica fiscale", pp. 34
31. Paolo Bosi [1988] "Indicatori della politica fiscale. Una rassegna e un confronto con l'aiuto di MICROMOD", pp. 25
32. Giovanna Procacci [1988] "Protesta popolare e agitazioni operaie in Italia 1915-1918", pp. 45
33. Margherita Russo [1988] "Distretto Industriale e servizi. Uno studio dei trasporti nella produzione e nella vendita delle piastrelle", pp. 157
34. Margherita Russo [1988] "The effect of technical change on skill requirements: an empirical analysis", pp. 28
35. Carlo Grillenzoni [1988] "Identification, estimations of multivariate transfer functions", pp. 33
36. Nerio Naldi [1988] "'Keynes' concept of capital", pp. 40
37. Andrea Ginzburg [1988] "locomotiva Italia?", pp. 30
38. Giovanni Mottura [1988] "La 'persistenza' secolare. Appunti su agricoltura contadina ed agricoltura familiare nelle società industriali", pp. 40
39. Giovanni Mottura [1988] "L'anticamera dell'esodo. I contadini italiani della 'restaurazione contrattuale' fascista alla riforma fondiaria", pp. 40
40. Leonardo Paggi [1988] "Americanismo e riformismo. La socialdemocrazia europea nell'economia mondiale aperta", pp. 120
41. Annamaria Simonazzi [1988] "Fenomeni di isteresi nella spiegazione degli alti tassi di interesse reale", pp. 44
42. Antonietta Bassetti [1989] "Analisi dell'andamento e della casualità della borsa valori", pp. 12
43. Giovanna Procacci [1989] "State coercion and worker solidarity in Italy (1915-1918): the moral and political content of social unrest", pp. 41
44. Carlo Alberto Magni [1989] "Reputazione e credibilità di una minaccia in un gioco bargaining", pp. 56
45. Giovanni Mottura [1989] "Agricoltura familiare e sistema agroalimentare in Italia", pp. 84
46. Mario Forni [1989] "Trend, Cycle and 'Fortuitous cancellation': a Note on a Paper by Nelson and Plosser", pp. 4
47. Paolo Bosi, Roberto Golinelli, Anna Stagni [1989] "Le origini del debito pubblico e il costo della stabilizzazione", pp. 26
48. Roberto Golinelli [1989] "Note sulla struttura e sull'impiego dei modelli macroeconomici", pp. 21
49. Marco Lippi [1989] "A Short Note on Cointegration and Aggregation", pp. 11
50. Gian Paolo Caselli e Gabriele Pastrello [1989] "The Linkage between Tertiary and Industrial Sector in the Italian Economy: 1951-1988. From an External Dependence to an International One", pp. 40
51. Gabriele Pastrello [1989] "Francois qesnay: dal Tableau Zig-zag al Tableau Formule: una ricostruzione", pp. 48
52. Paolo Silvestri [1989] "Il bilancio dello stato", pp. 34
53. Tim Mason [1990] "Tre seminari di storia sociale contemporanea", pp. 26
54. Michele Lalla [1990] "The Aggregate Escape Rate Analysed throught the Queueing Model", pp. 23
55. Paolo Silvestri [1990] "Sull'autonomia finanziaria dell'università", pp. 11
56. Paola Bertolini, Enrico Giovannetti [1990] "Uno studio di 'filiere' nell'agroindustria. Il caso del Parmigiano Reggiano", pp. 164

57. Paolo Bosi, Roberto Golinelli, Anna Stagni [1990] "Effetti macroeconomici, settoriali e distributivi dell'armonizzazione dell'IVA", pp. 24
58. Michele Lalla [1990] "Modelling Employment Spells from Emilia Labour Force Data", pp. 18
59. Andrea Ginzburg [1990] "Politica Nazionale e commercio internazionale", pp. 22
60. Andrea Giommi [1990] "La probabilità individuale di risposta nel trattamento dei dati mancanti", pp. 13
61. Gian Paolo Caselli e Gabriele Pastrello [1990] "The service sector in planned economies. Past experiences and future perspectives", pp. 32
62. Giovanni Solinas [1990] "Competenze, grandi industrie e distretti industriali. Il caso Magneti Marelli", pp. 23
63. Andrea Ginzburg [1990] "Debito pubblico, teorie monetarie e tradizione civica nell'Inghilterra del Settecento", pp. 30
64. Mario Forni [1990] "Incertezza, informazione e mercati assicurativi: una rassegna", pp. 37
65. Mario Forni [1990] "Misspecification in Dynamic Models", pp. 19
66. Gian Paolo Caselli e Gabriele Pastrello [1990] "Service Sector Growth in CPE's: An Unsolved Dilemma", pp. 28
67. Paola Bertolini [1990] "La situazione agro-alimentare nei paesi ad economia avanzata", pp. 20
68. Paola Bertolini [1990] "Sistema agro-alimentare in Emilia Romagna ed occupazione", pp. 65
69. Enrico Giovannetti [1990] "Efficienza ed innovazione: il modello "fondi e flussi" applicato ad una filiera agro-industriale", pp. 38
70. Margherita Russo [1990] "Cambiamento tecnico e distretto industriale: una verifica empirica", pp. 115
71. Margherita Russo [1990] "Distretti industriali in teoria e in pratica: una raccolta di saggi", pp. 119
72. Paolo Silvestri [1990] "La Legge Finanziaria. Voce dell'enciclopedia Europea Garzanti", pp. 8
73. Rita Paltrinieri [1990] "La popolazione italiana: problemi di oggi e di domani", pp. 57
74. Enrico Giovannetti [1990] "Illusioni ottiche negli andamenti delle Grandezze distributive: la scala mobile e l'appiattimento delle retribuzioni in una ricerca", pp. 120
75. Enrico Giovannetti [1990] "Crisi e mercato del lavoro in un distretto industriale: il bacino delle ceramiche. Sez I", pp. 150
76. Enrico Giovannetti [1990] "Crisi e mercato del lavoro in un distretto industriale: il bacino delle ceramiche. Sez II", pp. 145
78. Antonietta Bassetti e Costanza Torricelli [1990] "Una riqualificazione dell'approccio bargaining alla selezioni di portafoglio", pp. 4
77. Antonietta Bassetti e Costanza Torricelli [1990] "Il portafoglio ottimo come soluzione di un gioco bargaining", pp. 15
79. Mario Forni [1990] "Una nota sull'errore di aggregazione", pp. 6
80. Francesca Bergamini [1991] "Alcune considerazioni sulle soluzioni di un gioco bargaining", pp. 21
81. Michele Grillo e Michele Polo [1991] "Political Exchange and the allocation of surplus: a Model of Two-party competition", pp. 34
82. Gian Paolo Caselli e Gabriele Pastrello [1991] "The 1990 Polish Recession: a Case of Truncated Multiplier Process", pp. 26
83. Gian Paolo Caselli e Gabriele Pastrello [1991] "Polish firms: Pricate Vices Pubblis Virtues", pp. 20
84. Sebastiano Brusco e Sergio Paba [1991] "Connessioni, competenze e capacità concorrenziale nell'industria della Sardegna", pp. 25
85. Claudio Grimaldi, Rony Hamoui, Nicola Rossi [1991] "Non Marketable assets and households' Portfolio Choice: a Case of Study of Italy", pp. 38
86. Giulio Righi, Massimo Baldini, Alessandra Brambilla [1991] "Le misure degli effetti redistributivi delle imposte indirette: confronto tra modelli alternativi", pp. 47
87. Roberto Fanfani, Luca Lanini [1991] "Innovazione e servizi nello sviluppo della meccanizzazione agricola in Italia", pp. 35
88. Antonella Caiumi e Roberto Golinelli [1992] "Stima e applicazioni di un sistema di domanda Almost Ideal per l'economia italiana", pp. 34
89. Maria Cristina Marcuzzo [1992] "La relazione salari-occupazione tra rigidità reali e rigidità nominali", pp. 30
90. Mario Biagioli [1992] "Employee financial participation in enterprise results in Italy", pp. 50
91. Mario Biagioli [1992] "Wage structure, relative prices and international competitiveness", pp. 50
92. Paolo Silvestri e Giovanni Solinas [1993] "Abbandoni, esiti e carriera scolastica. Uno studio sugli studenti iscritti alla Facoltà di Economia e Commercio dell'Università di Modena nell'anno accademico 1990/1991", pp. 30
93. Gian Paolo Caselli e Luca Martinelli [1993] "Italian GPN growth 1890-1992: a unit root or segmented trend representatin?", pp. 30
94. Angela Politi [1993] "La rivoluzione fraintesa. I partigiani emiliani tra liberazione e guerra fredda, 1945-1955", pp. 55
95. Alberto Rinaldi [1993] "Lo sviluppo dell'industria metalmeccanica in provincia di Modena: 1945-1990", pp. 70
96. Paolo Emilio Mistrulli [1993] "Debito pubblico, intermediari finanziari e tassi d'interesse: il caso italiano", pp. 30
97. Barbara Pistoresi [1993] "Modelling disaggregate and aggregate labour demand equations. Cointegration analysis of a labour demand function for the Main Sectors of the Italian Economy: 1950-1990", pp. 45
98. Giovanni Bonifati [1993] "Progresso tecnico e accumulazione di conoscenza nella teoria neoclassica della crescita endogena. Una analisi critica del modello di Romer", pp. 50
99. Marcello D'Amato e Barbara Pistoresi [1994] "The relationship(s) among Wages, Prices, Unemployment and Productivity in Italy", pp. 30
100. Mario Forni [1994] "Consumption Volatility and Income Persistence in the Permanent Income Model", pp. 30
101. Barbara Pistoresi [1994] "Using a VECM to characterise the relative importance of permanent and transitory components", pp. 28
102. Gian Paolo Caselli and Gabriele Pastrello [1994] "Polish recovery form the slump to an old dilemma", pp. 20
103. Sergio Paba [1994] "Imprese visibili, accesso al mercato e organizzazione della produzione", pp. 20
104. Giovanni Bonifati [1994] "Progresso tecnico, investimenti e capacità produttiva", pp. 30
105. Giuseppe Marotta [1994] "Credit view and trade credit: evidence from Italy", pp. 20
106. Margherita Russo [1994] "Unit of investigation for local economic development policies", pp. 25
107. Luigi Brighi [1995] "Monotonicity and the demand theory of the weak axioms", pp. 20
108. Mario Forni e Lucrezia Reichlin [1995] "Modelling the impact of technological change across sectors and over time in manufacturing", pp. 25
109. Marcello D'Amato and Barbara Pistoresi [1995] "Modelling wage growth dynamics in Italy: 1960-1990", pp. 38
110. Massimo Baldini [1995] "INDIMOD. Un modello di microsimulazione per lo studio delle imposte indirette", pp. 37

111. Paolo Bosi [1995] "Regionalismo fiscale e autonomia tributaria: l'emersione di un modello di consenso". pp. 38
112. Massimo Baldini [1995] "Aggregation Factors and Aggregation Bias in Consumer Demand", pp. 33
113. Costanza Torricelli [1995] "The information in the term structure of interest rates. Can stochastic models help in resolving the puzzle?" pp. 25
114. Margherita Russo [1995] "Industrial complex, pôle de développement, distretto industriale. Alcune questioni sulle unità di indagine nell'analisi dello sviluppo." pp. 45
115. Angelika Moryson [1995] "50 Jahre Deutschland. 1945 - 1995" pp. 21
116. Paolo Bosi [1995] "Un punto di vista macroeconomico sulle caratteristiche di lungo periodo del nuovo sistema pensionistico italiano." pp. 32
117. Gian Paolo Caselli e Salvatore Curatolo [1995] "Esistono relazioni stimabili fra dimensione ed efficienza delle istituzioni e crescita produttiva? Un esercizio nello spirito di D.C. North." pp. 11
118. Mario Forni e Marco Lippi [1995] "Permanent income, heterogeneity and the error correction mechanism." pp. 21
119. Barbara Pistoresi [1995] "Co-movements and convergence in international output. A Dynamic Principal Components Analysis" pp. 14
120. Mario Forni e Lucrezia Reichlin [1995] "Dynamic common factors in large cross-section" pp. 17
121. Giuseppe Marotta [1995] "Il credito commerciale in Italia: una nota su alcuni aspetti strutturali e sulle implicazioni di politica monetaria" pp. 20
122. Giovanni Bonifati [1995] "Progresso tecnico, concorrenza e decisioni di investimento: una analisi delle determinanti di lungo periodo degli investimenti" pp. 25
123. Giovanni Bonifati [1995] "Cambiamento tecnico e crescita endogena: una valutazione critica delle ipotesi del modello di Romer" pp. 21
124. Barbara Pistoresi e Marcello D'Amato [1995] "La riservatezza del banchiere centrale è un bene o un male? Effetti dell'informazione incompleta sul benessere in un modello di politica monetaria." pp. 32
125. Barbara Pistoresi [1995] "Radici unitarie e persistenza: l'analisi univariata delle fluttuazioni economiche." pp. 33
126. Barbara Pistoresi e Marcello D'Amato [1995] "Co-movements in European real outputs" pp. 20
127. Antonio Ribba [1996] "Ciclo economico, modello lineare-stocastico, forma dello spettro delle variabili macroeconomiche" pp. 31
128. Carlo Alberto Magni [1996] "Repeatable and una tantum real options a dynamic programming approach" pp. 23
129. Carlo Alberto Magni [1996] "Opzioni reali d'investimento e interazione competitiva: programmazione dinamica stocastica in optimal stopping" pp. 26
130. Carlo Alberto Magni [1996] "Vaghezza e logica fuzzy nella valutazione di un'opzione reale" pp. 20
131. Giuseppe Marotta [1996] "Does trade credit redistribution thwart monetary policy? Evidence from Italy" pp. 20
132. Mauro Dell'Amico e Marco Trubian [1996] "Almost-optimal solution of large weighted eiquit problems" pp. 30
133. Carlo Alberto Magni [1996] "Un esempio di investimento industriale con interazione competitiva e avversione al rischio" pp. 20
134. Margherita Russo, Peter Börkey, Emilio Cubel, François Lévêque, Francisco Mas [1996] "Local sustainability and competitiveness: the case of the ceramic tile industry" pp. 66
135. Margherita Russo [1996] "Camionetto tecnico e relazioni tra imprese" pp. 190
136. David Avra Lane, Irene Poli, Michele Lalla, Alberto Roverato [1996] "Lezioni di probabilità e inferenza statistica" pp. 288
137. David Avra Lane, Irene Poli, Michele Lalla, Alberto Roverato [1996] "Lezioni di probabilità e inferenza statistica - Esercizi svolti -" pp. 302
138. Barbara Pistoresi [1996] "Is an Aggregate Error Correction Model Representative of Disaggregate Behaviours? An example" pp. 24
139. Luisa Malaguti e Costanza Torricelli [1996] "Monetary policy and the term structure of interest rates" pp. 30
140. Mauro Dell'Amico, Martine Labbé, Francesco Maffioli [1996] "Exact solution of the SONET Ring Loading Problem", pp. 20
141. Mauro Dell'Amico, R.J.M. Vaessens [1996] "Flow and open shop scheduling on two machines with transportation times and machine-independent processing times in NP-hard, pp. 10
142. M. Dell'Amico, F. Maffioli, A. Sciomechen [1996] "A Lagrangean Heuristic for the Pirze Collecting Travelling Salesman Problem", pp. 14
143. Massimo Baldini [1996] "Inequality Decomposition by Income Source in Italy - 1987 - 1993", pp. 20
144. Graziella Bertocchi [1996] "Trade, Wages, and the Persistence of Underdevelopment" pp. 20
145. Graziella Bertocchi and Fabio Canova [1996] "Did Colonization matter for Growth? An Empirical Exploration into the Historical Causes of Africa's Underdevelopment" pp. 32
146. Paola Bertolini [1996] "La modernization de l'agriculture italienne et le cas de l'Emilie Romagne" pp. 20
147. Enrico Giovannetti [1996] "Organisation industrielle et développement local: le cas de l'agroindustrie in Emilie Romagne" pp. 18
148. Maria Elena Bontempi e Roberto Golinelli [1996] "Le determinanti del leverage delle imprese: una applicazione empirica ai settori industriali dell'economia italiana" pp. 31
149. Paola Bertolini [1996] "L'agriculture et la politique agricole italienne face aux recents scenarios", pp. 20
150. Enrico Giovannetti [1996] "Il grado di utilizzo della capacità produttiva come misura dei costi di transazione: una rilettura di 'Nature of the Firm' di R. Coase", pp. 75
151. Enrico Giovannetti [1996] "Il I° ciclo del Diploma Universitario Economia e Amministrazione delle Imprese", pp. 25
152. Paola Bertolini, Enrico Giovannetti, Giulia Santacaterina [1996] "Il Settore del Verde Pubblico. Analisi della domanda e valutazione economica dei benefici", pp. 35
153. Giovanni Solinas [1996] "Sistemi produttivi del Centro-Nord e del Mezzogiorno. L'industria delle calzature", pp. 55
154. Tindara Addabbo [1996] "Married Women's Labour Supply in Italy in a Regional Perspective", pp. 85
155. Paolo Silvestri, Giuseppe Catalano, Cristina Bevilacqua [1996] "Le tasse universitarie e gli interventi per il diritto allo studio: la prima fase di applicazione di una nuova normativa" pp. 159
156. Sebastiano Brusco, Paolo Bertossi, Margherita Russo [1996] "L'industria dei rifiuti urbani in Italia", pp. 25
157. Paolo Silvestri, Giuseppe Catalano [1996] "Le risorse del sistema universitario italiano: finanziamento e governo" pp. 400
158. Carlo Alberto Magni [1996] "Un semplice modello di opzione di differimento e di vendita in ambito discreto", pp. 10
159. Tito Pietra, Paolo Siconolfi [1996] "Fully Revealing Equilibria in Sequential Economies with Asset Markets" pp. 17
160. Tito Pietra, Paolo Siconolfi [1996] "Extrinsic Uncertainty and the Informational Role of Prices" pp. 42
161. Paolo Bertella Farnetti [1996] "Il negro e il rosso. Un precedente non esplorato dell'integrazione afroamericana negli Stati Uniti" pp. 26
162. David Lane [1996] "Is what is good for each best for all? Learning from others in the information contagion model" pp. 18

163. Antonio Ribba [1996] "A note on the equivalence of long-run and short-run identifying restrictions in cointegrated systems" pp. 10
164. Antonio Ribba [1996] "Scomposizioni permanenti-transitorie in sistemi cointegrati con una applicazione a dati italiani" pp. 23
165. Mario Forni, Sergio Paba [1996] "Economic Growth, Social Cohesion and Crime" pp. 20
166. Mario Forni, Lucrezia Reichlin [1996] "Let's get real: a factor analytical approach to disaggregated business cycle dynamics" pp. 25
167. Marcello D'Amato e Barbara Pistoresi [1996] "So many Italies: Statistical Evidence on Regional Cohesion" pp. 31
168. Elena Bonfiglioli, Paolo Bosi, Stefano Toso [1996] "L'equità del contributo straordinario per l'Europa" pp. 20
169. Graziella Bertocchi, Michael Spagat [1996] "Il ruolo dei licei e delle scuole tecnico-professionali tra progresso tecnologico, conflitto sociale e sviluppo economico" pp. 37
170. Gianna Boero, Costanza Torricelli [1997] "The Expectations Hypothesis of the Term Structure of Interest Rates: Evidence for Germany" pp. 15
171. Mario Forni, Lucrezia Reichlin [1997] "National Policies and Local Economies: Europe and the US" pp. 22
172. Carlo Alberto Magni [1997] "La trappola del Roe e la tridimensionalità del Van in un approccio sistemico", pp. 16
173. Mauro Dell'Amico [1997] "A Linear Time Algorithm for Scheduling Outforests with Communication Delays on Two or Three Processor" pp. 18
174. Paolo Bosi [1997] "Aumentare l'età pensionabile fa diminuire la spesa pensionistica? Ancora sulle caratteristiche di lungo periodo della riforma Dini" pp. 13
175. Paolo Bosi e Massimo Matteuzzi [1997] "Nuovi strumenti per l'assistenza sociale" pp. 31
176. Mauro Dell'Amico, Francesco Maffioli e Marco Trubian [1997] "New bounds for optimum traffic assignment in satellite communication" pp. 21
177. Carlo Alberto Magni [1997] "Paradossi, inverosimiglianze e contraddizioni del Van: operazioni certe" pp. 9
178. Barbara Pistoresi e Marcello D'Amato [1997] "Persistence of relative unemployment rates across italian regions" pp. 25
179. Margherita Russo, Franco Cavedoni e Riccardo Pianesani [1997] "Le spese ambientali dei Comuni in provincia di Modena, 1993-1995" pp. 23
180. Gabriele Pastrello [1997] "Time and Equilibrium, Two Elusive Guests in the Keynes-Hawtrey-Robertson Debate in the Thirties" pp. 25
181. Luisa Malaguti e Costanza Torricelli [1997] "The Interaction Between Monetary Policy and the Expectation Hypothesis of the Term Structure of Interest rates in a N-Period Rational Expectation Model" pp. 27
182. Mauro Dell'Amico [1997] "On the Continuous Relaxation of Packing Problems - Technical Note" pp. 8
183. Stefano Bordini [1997] "Prova di Idoneità di Informatica Dispensa Esercizi Excel 5" pp. 49
184. Francesca Bergamini e Stefano Bordini [1997] "Una verifica empirica di un nuovo metodo di selezione ottima di portafoglio" pp. 22
185. Gian Paolo Caselli e Maurizio Battini [1997] "Following the tracks of atkinson and micklewright the changing distribution of income and earnings in poland from 1989 to 1995". pp. 21
186. Mauro Dell'Amico e Francesco Maffioli [1997] "Combining Linear and Non-Linear Objectives in Spanning Tree Problems" pp. 21
187. Gianni Ricci e Vanessa Debbia [1997] "Una soluzione evolutiva in un gioco differenziale di lotta di classe" pp. 14
188. Fabio Canova e Eva Ortega [1997] "Testing Calibrated General Equilibrium Model" pp. 34
189. Fabio Canova [1997] "Does Detrending Matter for the Determination of the Reference Cycle and the Selection of Turning Points?" pp. 35
190. Fabio Canova e Gianni De Nicolò [1997] "The Equity Premium and the Risk Free Rate: A Cross Country, Cross Maturity Examination" pp. 41
191. Fabio Canova e Angel J. Ubide [1997] "International Business Cycles, Financial Market and Household Production" pp. 32
192. Fabio Canova e Gianni De Nicolò [1997] "Stock Returns, Term Structure, Inflation and Real Activity: An International Perspective" pp. 33
193. Fabio Canova e Morten Ravn [1997] "The Macroeconomic Effects of German Unification: Real Adjustments and the Welfare State" pp. 34
194. Fabio Canova [1997] "Detrending and Business Cycle Facts" pp. 40
195. Fabio Canova e Morten O. Ravn [1997] "Crossing the Rio Grande: Migrations, Business Cycle and the Welfare State" pp. 37
196. Fabio Canova e Jane Marrinan [1997] "Sources and Propagation of International Output Cycles: Common Shocks or Transmission?" pp. 41
197. Fabio Canova e Albert Marcet [1997] "The Poor Stay Poor: Non-Convergence Across Countries and Regions" pp. 44
198. Carlo Alberto Magni [1997] "Un Criterio Strutturalista per la Valutazione di Investimenti" pp. 17
199. Stefano Bordini [1997] "Elaborazione Automatica dei Dati" pp. 60
200. Paolo Bertella Farnetti [1997] "The United States and the Origins of European Integration" pp. 19
201. Paolo Bosi [1997] "Sul Controllo Dinamico di un Sistema Pensionistico a Ripartizione di Tipo Contributivo" pp. 17
202. Paola Bertolini [1997] "European Union Agricultural Policy: Problems and Perspectives" pp. 18
203. Stefano Bordini [1997] "Supporti Informatici per la Ricerca delle soluzioni di Problemi Decisionali" pp. 30
204. Carlo Alberto Magni [1997] "Paradossi, Inverosimiglianze e Contraddizioni del Van: Operazioni Aleatorie" pp. 10
205. Carlo Alberto Magni [1997] "Tir, Roe e Van: Distorsioni linguistiche e Cognitive nella Valutazione degli Investimenti" pp. 17
206. Gisella Facchinetti, Roberto Ghiselli Ricci e Silvia Muzzioli [1997] "New Methods For Ranking Triangular Fuzzy Numbers: An Investment Choice" pp. 9
207. Mauro Dell'Amico e Silvano Martello [1997] "Reduction of the Three-Partition Problem" pp. 16
208. Carlo Alberto Magni [1997] "IRR, ROE and NPV: a Systemic Approach" pp. 20
209. Mauro Dell'Amico, Andrea Lodi e Francesco Maffioli [1997] "Solution of the cumulative assignment problem with a well-structured tabu search method" pp. 25
210. Carlo Alberto Magni [1997] "La definizione di investimento e criterio del Tir ovvero: la realtà inventata" pp. 16
211. Carlo Alberto Magni [1997] "Critica alla definizione classica di investimento: un approccio sistemico" pp. 17
212. Alberto Roverato [1997] "Asymptotic prior to posterior analysis for graphical gaussian models" pp. 8
213. Tindara Addabbo [1997] "Povertà nel 1995 analisi statica e dinamica sui redditi familiari" pp. 64
214. Gian Paolo Caselli e Franca Manghi [1997] "La transizione da piano a mercato e il modello di Ising" pp. 15
215. Tindara Addabbo [1998] "Lavoro non pagato e reddito esteso: un'applicazione alle famiglie italiane in cui entrambi i coniugi sono lavoratori dipendenti" pp. 54

216. Tindara Addabbo [1998] "Probabilità di occupazione e aspettative individuali" pp 36
217. Lara Magnani [1998] "Transazioni, contratti e organizzazioni: una chiave di lettura della teoria economica dell'organizzazione" pp 39
218. Michele Lalla, Rosella Molinari e Maria Grazia Modena [1998] "La progressione delle carriere: i percorsi in cardiologia" pp 46
219. Lara Magnani [1998] "L'organizzazione delle transazioni di subfornitura nel distretto industriale" pp 40
220. Antonio Ribba [1998] "Recursive VAR orderings and identification of permanent and transitory shocks" pp 12
221. Antonio Ribba [1998] "Granger-causality and exogeneity in cointegrated Var models" pp 5
222. Luigi Brighi e Marcello D'Amato [1998] "Optimal Procurement in Multiproduct Monopoly" pp 25
223. Paolo Bosi, Maria Cecilia Guerra e Paolo Silvestri [1998] "La spesa sociale nel comune Modena" Rapporto intermedio pp 37
224. Mario Forni e Marco Lippi [1998] "On the Microfoundations of Dynamic Macroeconomics" pp 22
225. Roberto Ghiselli Ricci [1998] "Nuove Proposte di Ordinamento di Numeri Fuzzy. Una Applicazione ad un Problema di Finanziamento" pp 7
226. Tommaso Minerva [1998] "Internet Domande e Risposte" pp 183
227. Tommaso Minerva [1998] "Elementi di Statistica Computazione. Parte Prima: Il Sistema Operativo Unix ed il Linguaggio C" pp. 57
228. Tommaso Minerva and Irene Poli [1998] "A Genetic Algorithms Selection Method for Predictive Neural Nets and Linear Models" pp. 60
229. Tommaso Minerva and Irene Poli [1998] "Building an ARMA Model by using a Genetic Algorithm" pp. 60
230. Mauro Dell'Amico e Paolo Toth [1998] "Algorithms and Codes for Dense Assignment Problems: the State of the Art" pp 35
231. Ennio Cavazzuti e Nicoletta Pacchiarotti [1998] "How to play an hotelling game in a square town" pp 12
232. Alberto Roverato e Irene Poli [1998] "Un algoritmo genetico per la selezione di modelli grafici" pp 11
233. Marcello D'Amato e Barbara Pistoresi [1998] "Delegation of Monetary Policy to a Central Banker with Private Information" pp 15.
234. Graziella Bertocchi e Michael Spagat [1998] "The Evolution of Modern Educational Systems. Technical vs. General Education, Distributional Conflict, and Growth" pp 31
235. André Dumas [1998] "Le système monétaire Européen" pp 24.
236. Gianna Boero, Gianluca Di Lorenzo e Costanza Torricelli [1998] "The influence of short rate predictability and monetary policy on tests of the expectations hypothesis: some comparative evidence" pp 30
237. Carlo Alberto Magni [1998] "A systemic rule for investment decisions: generalizations of the traditional DCF criteria and new conceptions" pp 30
238. Marcello D'Amato e Barbara Pistoresi [1998] "Interest Rate Spreads Between Italy and Germany: 1995-1997" pp 16
239. Paola Bertolini e Alberto Bertacchini [1998] "Il distretto di lavorazioni carni suine in provincia di Modena" pp 29
240. Costanza Torricelli e Gianluca Di Lorenzo [1998] "Una nota sui fondamenti matematico-finanziari della teoria delle aspettative della struttura della scadenza" pp. 15
241. Christophe Croux, Mario Forni e Lucrezia Reichlin [1998] "A Measure of Comovement for Economic Indicators: Theory and Empirics" pp 23.
242. Carlo Alberto Magni [1998] "Note sparse sul dilemma del prigioniero (e non solo) pp 13.
243. Gian Paolo Caselli [1998] The future of mass consumption society in the former planned economies: a macro approach pp 21.
244. Mario Forni, Marc Hallin, Marco Lippi e Lucrezia Reichlin [1998] "The generalized dynamic factor model: identification and estimation pp 35.
245. Carlo Alberto Magni [1998] "Pictures, language and research: the case of finance and financial mathematics" pp 35.
246. Luigi Brighi [1998] "Demand and generalized monotonicity" pp 21.
247. Mario Forni e Lucrezia Reichlin [1998] "Risk and potential insurance in Europe" pp 20.
248. Tommaso Minerva, Sandra Paterlini e Irene Poli [1998] "A Genetic Algorithm for predictive Neural Network Design (GANND). A Financial Application" pp 12.
249. Gian Paolo Caselli Maurizio Battini [1998] "The Changing Distribution of Earnings in Poland from 1989 to 1996" pp. 9.
250. Mario Forni, Sergio Paba [1998] "Industrial Districts, Social Environment and Local Growth" Evidence from Italy pp. 27.
251. Lara Magnani [1998] "Un'analisi del distretto industriale fondata sulla moderna teoria economica dell'organizzazione" pp. 46.
252. Mario Forni, Lucrezia Reichlin [1998] "Federal Policies and Local Economies: Europe and the US" pp. 24.
253. Luigi Brighi [1998] "A Case of Optimal Regulation with Multidimensional Private Information" pp 20.
254. Barbara Pistoresi, Stefania Luppi [1998] "Gli investimenti diretti esteri nell'America Latina e nel Sud Est Asiatico: 1982-1995" pp 27.
255. Paola Mengoli, Margherita Russo [1998] "Technical and Vocational Education and Training in Italy: Structure and Changes at National and Regional Level" pp 25.
256. Tindara Addabbo [1998] "On-the-Job Search a Microeconomic Analysis on Italian Data" pp. 29.
257. Lorenzo Bertucelli [1999] "Il paternalismo industriale: una discussione storiografica" pp.21.
258. Mario Forni e Marco Lippi [1999] "The generalized dynamic factor model: representation theory" pp. 25.
259. Andrea Ginzburg e Annamaria Simonazzi [1999] "Foreign debt cycles and the 'Gibson Paradox': an interpretative hypothesis" pp. 38.
260. Paolo Bosi [1999] "La riforma della spesa per assistenza dalla Commissione Onofri ad oggi: una valutazione in corso d'opera" pp. 56.
261. Marcello D'Amato e Barbara Pistoresi [1999] "Go and soothe the row. Delegation of monetary policy under private information" pp. 23.
262. Michele Lalla [1999] "Sampling, Maintenance, and Weighting Schemes for Longitudinal Surveys: a Case Study of the Textile and Clothing Industry" pp. 27.
263. Pederzoli Chiara e Torricelli Costanza [1999] "Una rassegna sui metodi di stima del Value at Risk (Var)".
264. Paolo Bosi, Maria Cecilia Guerra e Paolo Silvestri [1999] "La spesa sociale di Modena. La valutazione della condizione economica" pp 74.
265. Graziella Bertocchi e Michael Spagat [1999] "The Politics Co-optation" pp 14.
266. Giovanni Bonifati [1999] "The Capacity to Generate Investment. An analysis of the long-term determinants of investment" pp.22.
267. Tindara Addabbo e Antonella Caiumi [1999] "Extended Income and Inequality by Gender in Italy" pp. 40.
268. Antonella Caiumi e Federico Perali [1999] "Children and Intra-household Distribution of Resources: An Estimate of the Sharing Rule of Italian Households" pp.24
269. Vincenzo Atella, Antonella Caiumi e Federico Perali [1999] "Una scala di equivalenza non vale l'altra" pp.23.

- 270 Tito Pietra e Paolo Siconolfi [1999] "Volume of Trade and Revelation of Information" pp. 33.
- 271 Antonella Picchio [1999] "La questione del lavoro non pagato nella produzione di servizi nel nucleo domestico (Household)" pp.58.
- 272 Margherita Russo [1999] "Complementary Innovations and Generative Relationships in a Small Business Production System: the Case of Kervit" pp.27.
- 273 André Dumas [1999] "L'Economie de la drouge" pp. 12.
- 274 André Dumas [1999] "L'Euro à l'heure actuelle" pp. 12.
- 275 Michele Lalla Gisella Facchinetti [1999] "La valutazione dell'attività didattica: un confronto tra scale di misura e insiemi sfocati" pp.32.
- 276 Mario Biagioli [1999] "Formazione e valorizzazione del capitale umano: un'indagine sui paesi dell'Unione Europea" pp.21.
- 277 Mario Biagioli [1999] "Disoccupazione, formazione del capitale umano e determinazione dei salari individuali: un'indagine su microdati nei paesi dell'Unione Europea" pp.15.
- 278 Gian Paolo Caselli Giulia Bruni [1999], Il settore petrolifero russo, il petrolio del Mar Caspio e gli interessi geopolitici nell'area" pp. 28.
- 279 Luca Gambetti [1999] "The Real Effect of Monetary Policy: a New Var Identification Procedure" pp.22.
- 280 Marcello D'Amato Barbara Pistoresi [1999] "Assessing Potential Targets for Labour Market Reforms in Italy" pp. 8.
- 281 Gian Paolo Caselli Giulia Bruni e Francesco Pattarin [1999] "Gaddy and Ickes Model of Russian Barter Economy: Some Criticisms and Considerations" pp.10.
- 282 Silvia Muzzioli Costanza Torricelli [1999] "A Model for Pricing an Option with a Fuzzy Payoff" pp. 13.
- 283 Antonella Caiumi Federico Perali [1999] "Povertà e Welfare in Italia in Relazione alla Scelta della Scala di Equivalenza" pp.25.
- 284 Marcello Galli Tommaso Minerva [1999] "Algoritmi Genetici per l'Evoluzione di Modelli Lineari *Metodologia ad Applicazioni*" pp.36.
- 285 Mario Forni Sergio Paba [1999] "Knowledge Spillovers and the Growth of Local Industries" pp. 20.
- 286 Gisella Facchinetti Giovanni Mastroleo [1999] "Un confronto tra uno score card ed un approccio fuzzy per la concessione del credito personale" pp.27.
- 287 Gisella Facchinetti Giovanni Mastroleo e Sergio Paba [1999] "A Statistical and Fuzzy Algorithm for the Identification of Industrial Districts" pp.6.
- 288 Tommaso Minerva [1999] "Didattica e Informatica. *Una indagine Statistica relativa alla Provincia di Modena sul rapporto tra Insegnanti e Nuove Tecnologie*" pp. 46.
- 289 Andrea Ginzburg [1999] "Sraffa e l'analisi sociale: alcune note metodologiche" pp. 37.
- 290 Consolato Pellegrino Carla Fiori [1999] "Piani Formalmente Euclidei" pp. 11.
- 291 Nicolina A. Malara, Maria Teresa Brandoli e Carla Fiori [1999] "Comportamenti di Studenti in Ingresso all'Università di Fronte allo Studio di Disequazioni" pp. 15.
- 292 Consolato Pellegrino Maria Teresa Brandoli [1999] "Il Principio D'Induzione Euristicamente-Mente Parlando" pp. 11.
- 293 Paolo Bertella Farnetti [1999] "Winston Churchill e l'unità europea" pp. 25.
- 294 Tindara Addabbo Massimo Baldini [1999] "Safety net and poverty dynamics in Italy in the early nineties" pp. 23.
- 295 Margherita Russo [2000] "Innovation Dynamics and Industrial Dynamics in a Local Production System. Changes in the Agents/Artifacts Space in Tile Decoration: from Silk Screen to Laser Engraved Silicon Cylinder" pp 45.
- 296 Gianluca Masci e Margherita Russo [2000] "L'attività brevettale nel distretto ceramico, 1971-1998" pp 41.
- 297 Paola Mengoli e Margherita Russo [2000] "Competenze, innovazione e sviluppo locale" pp 31.
- 298 Gian Paolo Caselli e Tommaso Minerva [2000] "The Transition Process in Russia and China and the Ising Model" pp 30.
- 299 Gisella Facchinetti, Giovanni Mastroleo e Sergio Paba [2000] "A Fuzzy Approach to the Empirical Identification of Industrial Districts" pp 7.
- 300 Tommaso Minerva, Irene Poli and Sebastiano Brusco [2000] "A Cellular Automaton as a Model to Study the Dynamics of an Industrial District" pp 6.
- 301 Gisella Facchinetti [2000] "Il problema della misurazione del rischio di credito: una rassegna critica di metodologie" pp 13.
- 302 Marco Mazzoli [2000] "Investments and Financial Structure with Imperfect Financial Markets: an Intertemporal Discrete-Time Framework" pp 13.
- 303 Giuseppe Marotta [2000] "Il credito commerciale in Italia: evidenza su dati d'impresa" pp 29.
- 304 Marco Mazzoli [2000] "Credit Channel and Industrial Firms' Market power" pp 15.
- 305 Gisella Facchinetti e Giovanni Mastroleo [2000] "The Mamdani and the γ -operator in a Fuzzy Logic Control System" pp 17.
- 306 Giovanni Solinas e Giovanni Mastroleo [2000] "Benchmarking, certificazione della qualità e piccole imprese. La sperimentazione di un modello europeo nelle piccole imprese in Emilia Romagna" pp 45.
- 307 Margherita Russo, Giorgio Allari, Silvano Bertini, Paolo Bonaretti, Elio De Leo, Giuseppe Fiorani and Gianni Rinaldini [2000] "The Challenges for the Next Debate: Notes for a Debate on the Development of the Emilia-Romagna Region" pp 27.
- 308 Giovanni Mastroleo [2000] "L'integrazione dell'indagine statistica con l'approccio fuzzy nel controllo di efficacia: il monitoraggio sugli obiettivi raggiunti nell'ambito di un P.O.M." pp 24.
- 309 Gisella Facchinetti, Stefano Bordoni e Giovanni Mastroleo [2000] "Bank Creditworthiness Using Fuzzy Systems: A Comparison with a Classical Analysis Approach" pp 13.
- 310 Margherita Russo e Raffaele Giardino [2000] "Struttura e cambiamento nelle relazioni tra le imprese meccaniche. I. La popolazione di imprese meccaniche della provincia di Modena: procedure impiegate per integrare le informazioni amministrative del Registro Imprese e dell'Inps" pp 32.
- 311 Tommaso Minerva e Sandra Paterlini [2000] "Tecniche Computazionali per la Statistica, l'Economia e la Finanza. *Materiale Didattico a Supporto del Corso di Statistica Computazionale*" pp 52.
- 312 Costanza Torricelli e Silvia Muzzioli [2000] "Combining the Theory of Evidence with Fuzzy Sets for Binomial Option Pricing" pp.20.
- 313 Marco Mazzoli e Roberto Negrini [2000] "Strumenti finanziari negoziabili e incentivo-compatibili per le imprese cooperative. *Alcune considerazioni teoriche e di policy*" pp. 32.
- 314 Giacomo Galeotti e Tommaso Minerva [2000] "Algoritmi ibridi per l'ottimizzazione di un Portafoglio Azionario. *Simulazione stocastica filtrata mediante wavelet decomposition*" pp.33.
- 315 Alberto Roverato [2000] "Hyper Inverse Wishart Distribution for Non-Decomposable Graphs and its Application to Bayesian Inference for Gaussian Graphical Models" pp. 29.
- 316 Carlo Alberto Magni [2000] "Scomposizione di sovraprofitto: Economic Value Added e valore aggiunto sistemico" pp. 25
- 317 Carlo Alberto Magni [2000] "Decomposition of a Certain Cash Flow Stream: Systemic Value Added and Net Final Value" pp. 30.
- 318 Carlo Alberto Magni [2000] "Systemic Value Added, Residual Income and Decomposition of a Cash Flow Stream" pp. 27.

- 319 Gisella Facchinetti e Giovanni Mastroleo [2000] "La valutazione del rischio di frode nel ramo assicurativo R.C. auto: una proposta in logica Fuzzy" pp. 16.
- 320 Gian Paolo Caselli e Gabriele Pastrello [2000] "Eltsin: Dimissioni o Licenziamento?" pp. 18.
- 321 Gisella Facchinetti, Carlo Alberto Magni e Giovanni Mastroleo [2000] "Real Options: a Fuzzy Approach for Strategic Investments" pp. 44.

