MTISD 2008 – Methods, Models and Information Technologies for Decision Support Systems
Università del Salento, Lecce, 18-20 September 2008

Logica Fuzzy e Integrazione Scolastica

Antonio Maturo,
Università di Chieti - Pescara
amaturo@unich.it

Rina Manuela Contini,
Università di Chieti – Pescara
rm.contini@virgilio.it

Abstract: *Si mostra come la logica fuzzy può essere uno strumento adeguato per affrontare problemi complessi in campo sociale, come quello dell'integrazione scolastica degli alunni stranieri. Si presenta lo studio di un caso in cui, in base ad una indagine svolta con interviste ad insegnanti*[1]*, vengono elaborati i pesi fuzzy degli obiettivi particolari e delle variabili che rappresentano il fenomeno.*

Keywords: Sistemi Sociali Complessi, Valutazione di Pesi di variabili, Numeri Fuzzy, Indici di Incertezza

1. La logica fuzzy come strumento per l'analisi dei sistemi sociali complessi

Nel corso del Novecento lo statuto epistemologico delle scienze è mutato in seguito agli sviluppi delle scienze della *physis*, delle scienze evolutive, delle scienze cognitive, delle scienze sociali, dell'epistemologia sperimentale, dell'analisi sistemica che hanno messo in questione la necessità dei confini "cartesiani" della scienza e hanno imposto un ripensamento sui problemi, sui concetti, sulle domande, sugli oggetti, sulle dimensioni e sul metodo della scienza (N. Wiener, 1948; J. von Neumann, 1966; W. R. Ashby, 1962; G. Bateson, 1976; H. Simon, 1973; C. Waddington, 1977; H. Maturana.– F. Varela, 1972; H. von Foerster, 1960; I. Prigogine, 1971). Come evidenzia Walliser (1977), la linea di ricerca della teoria dei sistemi risponde alla necessità di andare oltre lo schema logico analisi-sintesi, solitamente associato alle scienze classiche, per raggiungere un livello di analisi che possa riconoscere le proprietà d'interazione dinamica tra gli elementi di un insieme, attraverso la sperimentazione di formalismi matematici sempre più elaborati in varie discipline scientifiche.

Il concetto di sistema viene continuamente modificato e rielaborato e gradualmente, in seguito allo sviluppo della teoria generale dei sistemi (L.von Bertalanffy, 1983; A. Rapoport, 1968) e agli apporti della teoria biologica dei sistemi viventi (Miller, 1986), della cibernetica (Wiener, 1948; W. R. Ashby, 1970; Id., 1971), della teoria dell'informazione (S. Goldman, 1953), delle tecniche dei sistemi meccanici a regolazione automatica (L. Minsky, 1967), della teoria dei giochi e di quella delle decisioni (J. von Neumann–O. Morgenstern, 1947), nonché della teoria della pragmatica della comunicazione umana (G. Bateson, 1976; P. Watzlawick e altri, 1971) si passa dai primi modelli sistemici a ipotesi sempre più generali e i modelli elaborati dalla teoria dei sistemi vengono estesi all'analisi delle organizzazioni sociali (V. De Angelis, 1996, cap.1).

In tal modo, si fa strada l'idea di Morin secondo la quale il concetto di sistema debba essere integrato con quello di complessità e con quello di organizzazione – la nozione cruciale che connette l'idea di interrelazione a quella di sistema - e si delinea sempre più nettamente il concetto di omologia di struttura tra organizzazioni umane e sistemi nello sforzo di estendere all'analisi dei fenomeni sociali i concetti sistemici, di superare l'astrattezza e la selettività dei tradizionali approcci

[1] Hanno collaborato al lavoro le insegnanti Luciana Delli Rocili e Loredana Delli Rocili, che hanno coordinato l'attività del gruppo.

allo studio dell'organizzazione e di elaborare un nuovo modello di analisi dei sistemi e dei fenomeni complessi la cui base deve essere una nuova logica che relativizzi la logica classica – che verte sull'identità, la deduzione e l'induzione e che ha rafforzato i caratteri fondamentali semplificatori della scienza classica, ha sviluppato un pensiero riduttivo-semplificante e una visione deterministica-atomistica dell'universo, della società e dell'individuo (Morin 1985a, pp.55-60 e Morin 1993, pp.199-204) – limitandola a tutto ciò che è isolabile, particellare, deterministico e meccanico, la "superi" e al contempo la conservi integrandola in una logica più ricca (E. Morin, 1983; E. Morin, 1985a; E. Morin1985b; E. Morin, 1987; V. De Angelis, 1996; F. Crespi, 1985; P. Quattrocchi, 1982; G. F. Lanzara, F. Pardi, 1980, cap. II; Sciarra, 1999, cap. VI).
A differenza del metodo della complessità elaborato da Morin, in questo studio si propone l'utilizzo della logica fuzzy per l'analisi della complessità dei fenomeni sociali. Tale applicazione è giustificata da vari motivi:

- la logica fuzzy è idonea ad affrontare i fenomeni complessi riuscendo a rappresentare la formalizzazione matematica;
- i recenti risultati ottenuti nelle ricerche sui sistemi fuzzy possono essere applicati con efficacia per l'analisi sociologica in cui l'incertezza è spesso di tipo semantico;
- con la logica fuzzy la complessità viene rappresentata come una forma di incertezza e vengono elaborati metodi per trattare tale incertezza;
- i risultati pratici ottenuti con l'uso della logica fuzzy per il funzionamento di apparecchiature complesse fa ritenere che anche in campo sociale si possono ottenere risultati di rilievo.

Un esempio importante di fenomeno sociale complesso è costituito dall'integrazione scolastica dei minori stranieri. Questo fenomeno sociale è concordemente considerato complesso e multidimensionale da tutta la letteratura più recente. Infatti, Favaro (2001), Giovannini (1996, 2001, 2006), Besozzi (1999, 2001, 2005), Fravega, Palmas, (2003) sostengono che il concetto di integrazione scolastica abbia a che fare non solo con l'acquisizione di capacità, competenze e saperi, ma anche con le relazioni, gli affetti, la ricchezza e l'intensità degli scambi con gli adulti e con i pari a scuola e fuori dalla scuola (Giovannini e Palmas 2002, p.190).
In questo lavoro ci proponiamo di analizzare tale fenomeno per mezzo della logica fuzzy e dell'aritmetica fuzzy al fine di mettere a punto metodiche che ci permettono di evidenziare aspetti non rilevabili a livello intuitivo o qualitativo.

2. Modelli matematici fuzzy per l'analisi dell'integrazione scolastica degli alunni stranieri

Il fenomeno complesso dell'integrazione scolastica degli alunni stranieri viene analizzato per mezzo di un procedimento analitico gerarchico. Si parte dall'idea che l'obiettivo generale (OG) dell'analisi è *l'integrazione scolastica degli alunni stranieri* e che esso si divida in due obiettivi particolari:
A1 = *la comunicazione interpersonale*; A2 = *il grado di profitto scolastico*.
Ognuno di tali obiettivi avrà un peso, da terminare, rispetto all'obiettivo generale. Inoltre sono state individuate delle variabili che possono definire implicitamente l'obiettivo generale. Il nostro studio si propone di individuare, rispetto ad ogni obiettivo particolare, un *peso fuzzy* da attribuire a ciascuna di tali variabili espresso da un *numero fuzzy triangolare*, ottenuto elaborando le risposte ad un questionario date da un gruppo di insegnanti di una scuola elementare di Pescara in cui è particolarmente vivo il problema. Vengono analizzati i punti di vista degli insegnanti, in quanto ritenuti osservatori privilegiati.
Le variabili considerate sono:
B1 = scambi e relazioni in classe con i pari; B2 = relazioni nel tempo extrascolastico;
B3 = scambi e relazioni con gli insegnanti; B4 = relazioni con l'ambiente di appartenenza;
B5 = capacità linguistico-espressive; B6 = capacità logico-matematiche;
B7 = abilità manuali; B8 = attività di gruppo;
B9 = abilità sportive

Lo scopo del lavoro è di individuare le attività critiche, ossia quelle attività che aumentate (o diminuite) di poco fanno variare sensibilmente il grado di integrazione scolastica.
Per ogni insegnante e per ogni obiettivo particolare viene costruita una matrice di confronto a coppie di valutazione delle variabili rispetto agli obiettivi. Precisamente, dovendo fare il confronto a coppie fra m variabili X_r, r = 1, 2, …, m, alla coppia ordinata di variabili (X_i, X_j), se X_i è preferito o indifferente rispetto a X_j viene associato uno dei valori:
1 = indifferenza, 3 = debole preferenza, 5 = preferenza, 7 = forte preferenza, 9 = assoluta preferenza
Si usano i punteggi 2, 4, 6, 8 per le valutazioni intermedie. Se invece X_j è preferito o indifferente rispetto a X_i si associa alla coppia (X_i, X_j) il reciproco del numero associato a (X_j, X_i).
Tale approccio è quello considerato nel processo gerarchico analitico AHP di (Saaty, 1980).
Hanno aderito all'iniziativa 12 insegnanti, che hanno espresso vivacemente il loro parere, compilando ciascuno tre matrici. La sintesi dei giudizi degli insegnanti è stata fatta considerando, per ogni coppia di variabili (X_i, X_j) la *media geometrica* G_{ij} dei giudizi ed un *indice di incertezza moltiplicativo* dei giudizi U_{ij}, per il quale è stata individuata la formula, nel linguaggio di EXCEL:

$$U_{ij} = EXP[RADQ((\Sigma_r (LN(x_r / G_{ij}))^2)/n)], \qquad (1)$$

dove x_r è il giudizio dell'insegnante r-simo, n il numero di insegnanti intervistati, RDQ è la radice quadrata e LN il logaritmo naturale..
Il giudizio di gruppo sulla coppia (X_i, X_j) è stato quindi rappresentato dal *numero fuzzy triangolare* $F_{ij} = (G_{ij}/U_{ij}, G_{ij}, G_{ij}*U_{ij})$.
Dalle matrici G = (G_{ij}), U =(U_{ij}) sono stati poi ottenuti numeri fuzzy triangolari $F_i = (A_i, C_i, B_i)$ esprimenti i punteggi fuzzy delle variabili X_i. Precisamente si è assunto C_i uguale alla media aritmetica dei valori G_{ij}, j = 1, 2, …, m, ponderati con i pesi $1/(m*\Sigma_i G_{ij})$ e si è calcolato per ogni variabile X_i, un indice di incertezza V_i uguale alla media geometrica dei valori U_{ij}, j = 1, 2, …, m.
In fine si è posto $A_i = C_i/V_i$, $B_i = C_i*V_i$.
I risultati ottenuti per la coppia di variabili A1 e A2 sono descritti dalle seguenti tabelle 1 e 2:

G	A1	A2	C
A1	1,000	6,926	0,8738
A2	0,144	1,000	0,1262

Tabella 1

U	A1	A2	V
A1	1,000	1,054	1,0265
A2	1,054	1,000	1,0265

Tabella 2

Da esse si nota che mediamente il punteggio attribuito alla *comunicazione interpersonale* è il numero fuzzy triangolare F_1 = (0,851; 0,8738; 0,897), mentre quello attribuito al *grado di profitto scolastico* è F_2 = (0,123; 0,1262; 0,130).
Per quanto riguarda le variabili BI rispetto all'obiettivo A1 abbiamo ottenuto la seguente tabella 3, che contiene la matrice delle medie geometriche dei giudizi sulle coppie di variabili e la colonna C dei cuori dei numeri fuzzy che rappresentano i punteggi delle variabili:

G	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	C
B1	1,000	3,482	3,873	6,853	4,213	4,486	6,031	2,141	5,097	0,290
B2	0,287	1,000	2,590	7,000	5,207	4,787	3,708	2,141	4,486	0,199
B3	0,258	0,386	1,000	7,454	5,544	3,948	3,000	1,968	3,000	0,157
B4	0,146	0,143	0,134	1,000	1,088	0,880	1,732	0,919	1,000	0,045
B5	0,237	0,192	0,180	0,919	1,000	3,708	3,482	2,943	4,486	0,102
B6	0,223	0,209	0,253	1,136	0,270	1,000	1,968	2,432	3,201	0,068
B7	0,166	0,270	0,333	0,577	0,287	0,508	1,000	1,495	1,316	0,043
B8	0,467	0,467	0,508	1,088	0,340	0,411	0,669	1,000	2,817	0,063
B9	0,196	0,223	0,333	1,000	0,223	0,312	0,760	0,355	1,000	0,033

Tabella 3

La matrice U degli indici di incertezza sulla valutazione a coppie delle variabili ed il vettore V degli indici di incertezza del peso di ciascuna variabile sono dati dalla seguente tabella 4.

U	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	V
B1	1,000	1,352	1,158	1,065	1,320	1,168	1,302	1,310	1,119	1,193
B2	1,352	1,000	1,299	1,306	1,437	1,424	1,355	1,333	1,157	1,289
B3	1,158	1,299	1,000	1,149	1,465	1,407	1,325	1,270	1,227	1,248
B4	1,065	1,306	1,149	1,000	1,656	1,655	1,402	1,564	1,623	1,357
B5	1,320	1,437	1,465	1,656	1,000	1,295	1,345	1,311	1,178	1,323
B6	1,168	1,424	1,407	1,655	1,295	1,000	1,286	1,298	1,336	1,308
B7	1,302	1,355	1,325	1,402	1,345	1,286	1,000	1,446	1,366	1,308
B8	1,310	1,333	1,270	1,564	1,311	1,298	1,446	1,000	1,350	1,312
B9	1,119	1,157	1,227	1,623	1,178	1,336	1,366	1,350	1,000	1,250

Tabella 4

Le tabelle seguenti 5 e 6 indicano, in riferimento all'obiettivo A2, rispettivamente, le medie geometriche dei giudizi sulle coppie di variabili (con la corrispondente colonna C dei cuori dei numeri fuzzy che rappresentano i punteggi delle variabili) e gli indici di incertezza di tali giudizi.

G	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	C
B1	1,000	4,939	5,853	6,634	2,209	1,846	3,069	2,618	6,037	0,282
B2	0,202	1,000	1,358	4,394	1,032	1,135	1,510	1,345	2,141	0,103
B3	0,171	0,706	1,000	5,777	3,003	2,761	2,879	2,675	4,394	0,165
B4	0,151	0,228	0,173	1,000	1,066	1,000	1,403	1,122	1,495	0,057
B5	0,453	0,969	0,333	0,938	1,000	2,675	3,708	2,790	6,164	0,132
B6	0,542	0,881	0,362	1,000	0,374	1,000	3,555	3,559	5,604	0,113
B7	0,326	0,662	0,347	0,713	0,270	0,281	1,000	1,560	3,303	0,058
B8	0,382	0,743	0,374	0,891	0,358	0,281	0,641	1,000	5,373	0,063
B9	0,166	0,467	0,228	0,669	0,162	0,178	0,303	0,186	1,000	0,026

Tabella 5

U	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	V
B1	1,000	1,259	1,079	1,133	1,519	1,436	1,447	1,329	1,107	1,244
B2	1,259	1,000	1,571	1,270	1,590	1,587	1,406	1,469	1,500	1,392
B3	1,079	1,532	1,000	1,305	1,288	1,248	1,360	1,323	1,270	1,259
B4	1,133	1,270	1,305	1,000	1,653	1,618	1,576	1,522	1,527	1,382
B5	1,519	1,590	1,288	1,653	1,000	1,323	1,355	1,342	1,129	1,340
B6	1,436	1,587	1,248	1,618	1,323	1,000	1,343	1,317	1,148	1,322
B7	1,447	1,406	1,360	1,576	1,355	1,343	1,000	1,474	1,315	1,355
B8	1,329	1,469	1,323	1,522	1,342	1,317	1,474	1,000	1,267	1,329
B9	1,107	1,500	1,270	1,527	1,129	1,148	1,315	1,267	1,000	1,240

Tabella 6

Bibliografia

Giovannini G., Queirolo Palmas L. Q. (2002), *Una scuola in comune. Esperienze scolastiche in contesti multietnici italiani*, Torino, Edizioni Fondazione Giovanni Agnelli.

Klir G, Yuan B., (1995), *Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and Applications*, Prentice Hall, New Jersey.

Morin E. (1985), *Sociologia della sociologia*, trad. it. R. Granafei, Roma, Edizioni Lavoro [*Sociologie*, (parti 1, 2 e 4), Fayard, Paris 1984].

Saaty T. L., (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.