

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

DOTTORATO DI RICERCA

GEOFISICA

Ciclo XXI

Settore/i scientifico disciplinari di afferenza: GEO/10

Tecniche di elaborazione di dati macrosismici per la definizione di sorgenti
sismogenetiche

Presentata da: Dott. Daniele Tripone

Coordinatore Dottorato

Prof. Michele Dragoni

Relatore

Prof. Paolo Gasperini

Esame finale anno 2009

Indice

Introduzione	i
---------------------	---

Capitolo 1

Sismologia macrosismica	1
1.1 Introduzione	1
1.2 Scale macrosismiche	3
1.3 Problemi legati all'utilizzo dell'intensità macrosismica e della Scala ad essa connessa	4
1.3.1 Ambiguità interpretativa	5
1.3.2 Inadeguatezza della Scala	6
1.4 Considerazioni conclusive	6

Capitolo 2

Logica Fuzzy e Metodi Decisionali Multi

Attributo	8
2.1 Introduzione	8
2.2 Dalla logica bivalente alla logica fuzzy	9
2.2.1 Logica bivalente: origine e sviluppi	9
2.2.2 Logica bivalente: Principi, notazioni matematiche e contraddizioni	11
2.2.3 Precursori della logica fuzzy	13

2.2.4	Logica fuzzy	16
2.3	Logica Fuzzy: approfondimento matematico e geometrico	17
2.3.1	Insiemi fuzzy	17
2.3.2	Operazioni sugli insiemi fuzzy	19
2.3.3	Ragionamento fuzzy	22
2.3.3.1	Variabili linguistiche	23
2.3.3.2	Struttura di una variabile linguistica	24
2.4	Metodi Decisionali	28
2.4.1	Sistemi di supporto alle decisioni	28
2.4.2	MCDM: multi attributo e multi obiettivo	28
2.4.3	MADM: descrizione e classificazione	31
2.4.4	Metodi crisp e metodi fuzzy	33
2.4.5	FMADM: descrizione e classificazione	34

Capitolo 3

	Indagine macrosismica fuzzy	37
3.1	Introduzione	37
3.2	Archiviazione e codifica alfanumerica dei dati	39
3.3	Elaborazione dei dati codificati con algoritmi basati sui principi della Fuzzy Set Theory	48
3.3.1	Introduzione	48
3.3.2	Membership Function	49
3.4	Stima dell'intensità macrosismica fuzzy	51
3.4.1	Algoritmi decisionali	51
3.4.1.1	Maximin e Centroide	53
3.4.1.2	Procedura Hurwicz	55
3.4.1.3	Simple Additive Weighting method (S.A.W.)	56

3.4.1.4	Weighted Product Method (W.P.M.)	57
3.4.1.5	T.O.P.S.I.S. (Technique for Order Preferences by Similarity to Ideal Solution)	58
3.4.1.6	Confronto tra i metodi	60
3.4.2	Pesi e soglia di occorrenza	61

Capitolo 4

Analisi dei risultati		63
4.1	Parametri statistici utilizzati	63
4.2	Risultati ottenuti con le membership di tipo 1	65
4.3	Risultati ottenuti con le membership di tipo 2 e di tipo 3	70
4.3.1	Analisi in dettaglio dei singoli terremoti	74
4.3.1.1	Monte Baldo, 24 aprile 1876	76
4.3.1.2	Valle d'Ilasi, 7 giugno 1891	79
4.3.1.3	Marsica, 13 gennaio 1915	85
4.3.1.4	Santa Sofia, 10 novembre 1918	90
4.3.1.5	Mugello, 29 giugno 1919	95
4.3.1.6	Garfagnana, 7 settembre 1920	99
4.3.1.7	Irpinia, 23 luglio 1930	104
4.3.2	Test con membership esterne (external)	111
4.4	Osservazioni conclusive	117

Capitolo 5

Stima di parametri di sorgente		121
5.1	Introduzione	121

5.2	Metodo delle Box	122
5.2.1	Metodo classico	122
5.2.2	Modifiche apportate al codice Boxer	126
5.2.2.1	Nuovi metodi di stima dei parametri di sorgente (localizzazione epi/ipocentrale e magnitudo)	127
5.2.2.2	Errori	132
5.3	Risultati	135
	Conclusioni	159
	Bibliografia	161
	Siti Internet	169
	Appendici	
	Appendice A	I
	Appendice B	VIII
	Appendice C	XXIII

INTRODUZIONE

Scopo di questa tesi è creare uno strumento per rendere più oggettiva e trasparente la procedura di stima dell'intensità, utilizzando procedure semi-automatiche informatizzate. Tali procedure, fin dalla lettura e dall'analisi degli effetti documentati, introducono criteri più "oggettivi" e "riproducibili" (codifica dei dati), in grado sia di rendere traccia delle assunzioni e delle scelte fatte, sia di modificare le interpretazioni (regole) degli operatori. Gli effetti macrosismici sono associati ai gradi di intensità attraverso una funzione di appartenenza (*membership function*), che fa capo alla teoria dei *fuzzy sets* (insiemi sfumati), e sono successivamente elaborati attraverso algoritmi decisionali capaci di assegnare l'intensità.

Le intensità rivalutate sono successivamente confrontate con quelle di un catalogo macrosismico di riferimento per valutare la capacità della metodologia approntata di riprodurre i valori stimando quantitativamente l'accordo statistico. Infine, le intensità rivalutate sono utilizzate per individuare i parametri fisici (localizzazione epicentrale, lunghezza, larghezza, orientazione, ...) della possibile sorgente sismogenetica, attraverso tecniche di elaborazione statistica sui piani quotati (distribuzione geografica delle intensità macrosismiche assegnate). Tali tecniche si sono rivelate uno strumento potente per analisi di tipo sismotettonico.

Questa tesi si suddivide in cinque capitoli: i primi tre trattano gli aspetti teorici del lavoro, gli ultimi due le elaborazioni dei dati.

Il **primo capitolo** introduce i principi base dell'indagine macrosismica. Sono trattati i problemi legati all'associazione tra descrizione dell'effetto di un terremoto e grado di intensità della Scala macrosismica e su come questi problemi influiscano

negativamente nella procedura di assegnazione dell'intensità macrosismica nelle località colpite da un terremoto.

Il **secondo capitolo** introduce gli aspetti teorici delle metodologie alla base della procedura implementata in questa tesi per trattare i dati macrosismici ed elaborare una stima di intensità in modo oggettivo e riproducibile. Il capitolo è diviso in due parti: la prima i) incentrata sulla *Fuzzy Set Theory* [Zadeh, 1965] e la seconda ii) sull'analisi decisionale (*decision making*). Nel dettaglio, la *Fuzzy Set Theory*, o logica *fuzzy*, è introdotta da una discussione sulla logica classica o bivalente e i limiti e le contraddizioni di quest'ultima per analisi di realtà complesse. La logica *fuzzy* che amplia la logica classica viene poi illustrata nei suoi principi e proprietà basilari, focalizzando l'attenzione sul ragionamento *fuzzy* e sul trattamento delle variabili linguistiche con un approccio rigoroso ed oggettivo. Nella seconda parte del capitolo vengono illustrate le possibili metodologie alla base di un processo decisionale multi criterio, individuando quelle più adatte alla procedura di stima dell'intensità macrosismica.

Il **terzo capitolo** illustra la procedura alla base dell'indagine macrosismica *fuzzy*. Viene spiegato il metodo per archiviare ed elaborare i dati macrosismici (basandosi sulle funzionalità del software MS-EXCEL), che consente una loro analisi rigorosa. La disponibilità, infatti, di descrizioni sintetiche (codificate) dei danni archiviate si presta all'applicazione dei principi della *Fuzzy Set Theory* e all'utilizzo di un algoritmo decisionale per assegnare un nuovo valore di intensità macrosismica in modo "oggettivo" e "riproducibile". Per la stima dell'intensità sono stati utilizzati 6 metodi decisionali:

1. Maximin;
2. Centroide;
3. procedura Hurwicz;
4. *Simple Additive Weighting method* (SAW);

5. *Weighted Product Method* (WPM);
6. *Technique for Order Preferences by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS).

Tali metodi decisionali sono stati applicati per lo studio di sette terremoti:

- Monte Baldo (Provincia di Verona), 24 aprile 1876;
- Valle d'Illasi (Provincia di Verona), 7 giugno 1891;
- Marsica (Appennino centrale), 13 gennaio 1915;
- Santa Sofia (Appennino settentrionale), 10 novembre 1918;
- Mugello (Appennino settentrionale), 29 giugno 1919;
- Garfagnana (Appennino settentrionale), 7 settembre 1920;
- Irpinia (Appennino meridionale), 23 luglio 1930.

Nel **quarto capitolo** viene operato un confronto tra le intensità del catalogo CFTI3 [*Boschi et al.*, 2000] e quelle ottenute dall'algoritmo basato sulla logica *fuzzy* utilizzando diversi metodi di derivazione delle funzioni di appartenenza (*membership*) dei dati macrosismici, ovvero di associazione tra descrizione di un effetto macrosismico e grado di intensità. Tali confronti sono basati su quantità parametriche statistiche (scarto quadratico medio, coefficiente di correlazione, ...) atte a mettere in luce eventuali accordi o disaccordi tra la procedura di assegnazione classica dell'intensità e quella *fuzzy* oggetto di questa tesi.

Nel **quinto capitolo** sono illustrati i metodi di derivazione dei parametri fisici della possibile sorgente sismogenetica (localizzazione epi/ipocentrale, magnitudo, lunghezza, larghezza e orientazione e della possibile struttura), attraverso un metodo di calcolo (*Boxer*) basato sulla distribuzione geografica dei dati di intensità macrosismica. Queste analisi sono state condotte sia sulle intensità CFTI3 che su quelle rivalutate (*fuzzy*) per i terremoti in esame fornendo risultati che sono stati confrontati e analizzati in chiave sismotettonica

1. SISMOLOGIA MACROSISMICA

1.1 Introduzione

La macrosismica è un ramo della sismologia che studia i terremoti e ne quantifica gli effetti prodotti nel contesto antropico e ambientale (effetti macroscopici). Tale misura si basa su un valore numerico discreto e ordinale: l'intensità macrosismica.

Documenti, testi, descrizioni ed immagini che riportano, più o meno fedelmente, l'informazione macrosismica ovvero la descrizione dell'effetto, costituiscono la base di analisi (**fig. 1.1 a**); a tal scopo possono essere utilizzati sia documenti contemporanei agli eventi (telegrammi, questionari macrosismici, quotidiani, fotografie,...) che resoconti successivi. La collocazione spaziale e temporale degli effetti riportati nelle fonti (**fig. 1.1 b**), consente di stimare un valore di intensità alle località colpite (**fig. 1.1 c**). Le informazioni raccolte, anche attraverso l'uso di metodi di analisi delle intensità, permette di derivare parametri del terremoto (**fig. 1.1 d**), quali il tempo origine, la magnitudo e i parametri epi/ipocentrali (latitudine, longitudine, profondità,...).

I dati ottenuti dall'analisi macrosismica, sono di notevole importanza principalmente per due motivi:

- 1) Estendono l'arco temporale di osservazione dei terremoti rispetto alle registrazioni strumentali oggi disponibili;
- 2) Ampliano l'area geografica di analisi per aree caratterizzate da basso tasso di sismicità in epoca strumentale.

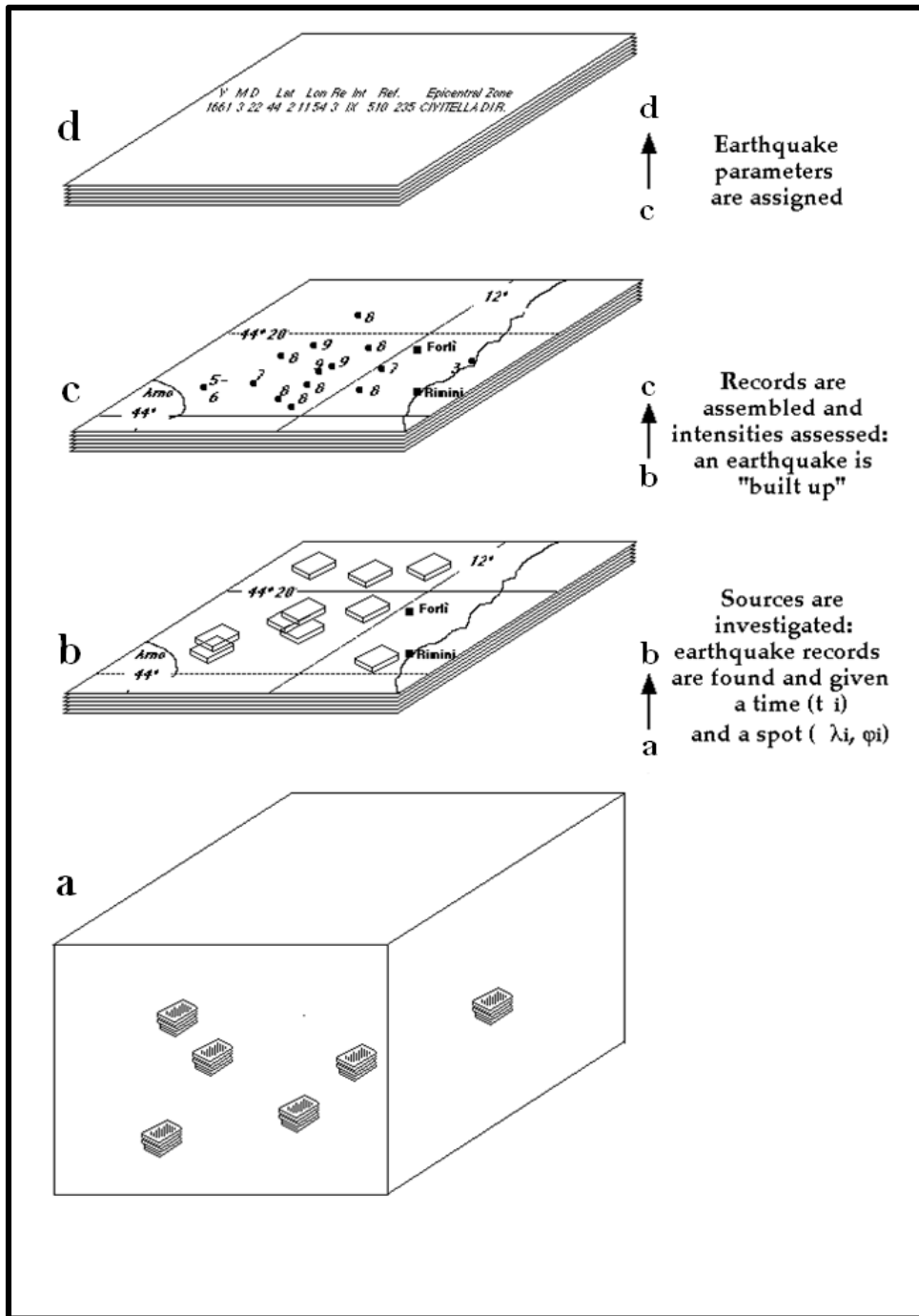


Figura 1. 1: metodo d'indagine macrosismica. *a*) e *b*): analizzando le fonti si colloca la notizia nello spazio e nel tempo; *c*): si assegna l'intensità e si costruisce il piano quotato (ovvero l'area di risentimento) del terremoto; *d*): si assegnano parametri fisici al terremoto (localizzazione epicentrale, magnitudo, ...)

1.2 Scale macrosismiche

L'intensità macrosismica viene assegnata facendo riferimento alla codifica di effetti, distinti in differenti raggruppamenti e associati ad un valore numerico (grado), formalizzati in una Scala macrosismica.

Una scala macrosismica è una raccolta di osservazioni macrosismiche disposte in funzione dell'aumento della severità del danno. Il grado numerico associato (espresso con numerazione araba o romana) aumenta in maniera ordinale ad ogni successivo raggruppamento.

All'interno di una Scala macrosismica esistono tre sostanziali categorie di effetti, a seconda del riferimento utilizzato per indicare e quantificare lo scuotimento:

- a) persone e oggetti (mobili, soprammobili, lampadari, ...);
- b) edifici (danni riportati);
- c) ambiente (frane, fratturazioni del terreno, ...).

Alla prima categoria appartengono effetti associati ai gradi più bassi di una Scala, mentre alla seconda quelli dei gradi progressivamente più elevati. Gli effetti sull'ambiente, invece, sono osservabili in un intervallo più ampio di intensità, e proprio per questo motivo, nelle scale recenti, sono stati trascurati. A partire dal XIV secolo sono state compilate numerosissime Scale macrosismiche (**Appendice A**). Ad oggi quelle più largamente utilizzate nel mondo sono: la Mercalli Modificata (MM) [*Wood e Neumann*, 1931; *Richter*, 1956] negli Stati Uniti e ad Hong Kong, la European Macroseismic Scale (EMS) [*Grünthal*, 1993; 1998] in Europa, la Japan Meteorological Agency Seismic Intensity Scale in Giappone e a Taiwan, la MSK64 [*Medvedev et al.*, 1967] in India, Israele, Russia e negli Stati Indipendenti del Commonwealth (CIS), la China Seismic

Intensity Scale (CSIS) in Cina e la Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS) in Italia [*Sieberg*, 1912].

1.3 Problemi legati all'utilizzo dell'intensità macrosismica e della Scala ad essa connessa

Assegnare un grado di intensità ad un terremoto equivale a individuare una corrispondenza o associazione tra l'effetto riscontrato e le descrizioni formalizzate nei vari gradi della Scala. Questa operazione è svolta da un operatore (*esperto*) macrosismico, che grazie alla propria esperienza riesce a sintetizzare l'informazione contenuta nelle fonti e a correlare tale informazione con uno degli scenari riassunti in uno o più gradi della Scala.

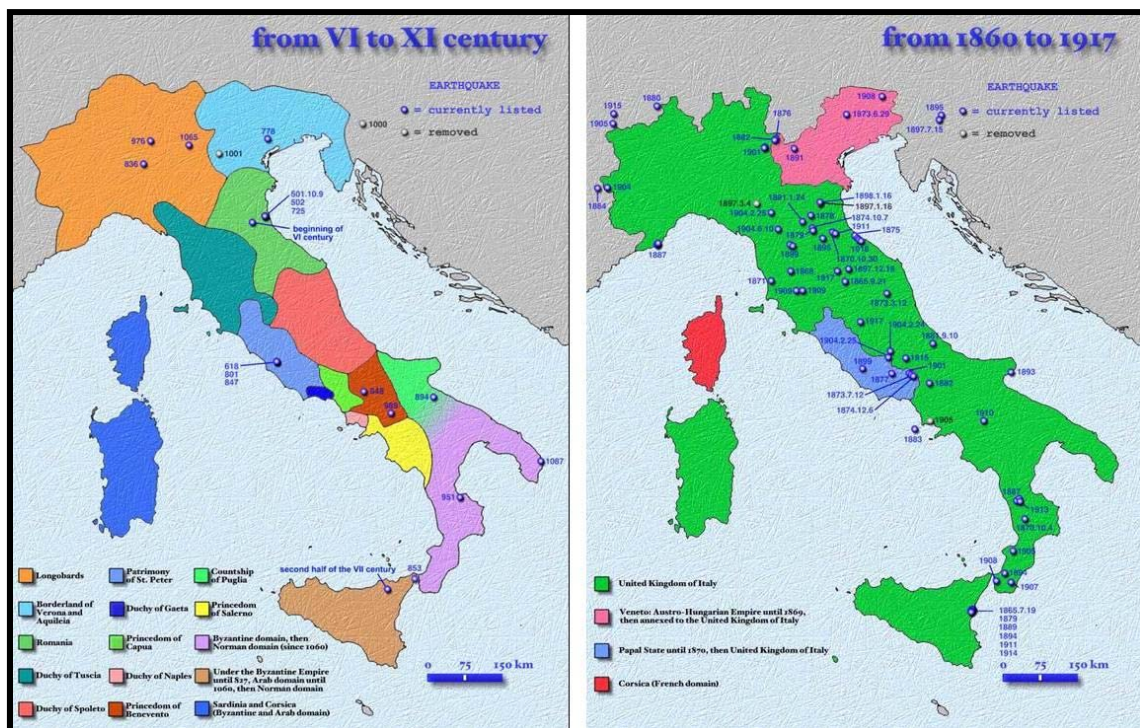
La formulazione delle scale macrosismiche non tiene infatti conto di analisi statistiche sulla distribuzione degli effetti o sulle loro associazioni, ma deriva da osservazioni empiriche e strettamente soggettive degli stessi formulatori. Tali osservazioni inoltre sono strettamente legate e riflettono l'epoca e i luoghi di studio ed analisi (tipologie edilizie, materiali, tipologie di oggetti).

Associare gli effetti alle descrizioni formali di una Scala è una pratica non sempre facile dove forzature e approssimazioni sono pratica comune, a causa di due problematiche riscontrabili nelle scale stesse:

- ambiguità interpretativa;
- inadeguatezza della Scala.

1.3.1 Ambiguità interpretativa

L'ambiguità interpretativa è la mancanza di univocità tra descrizione degli effetti osservati e descrizioni della Scala macrosismica. Tale problema porta ad una scarsa trasparenza e oggettività nelle scelte dell'operatore macrosismico che deve tenere conto di descrizioni non aderenti alla formulazione delle scale. Il problema è inoltre ancor più marcato allontanandosi temporalmente dall'epoca di formulazione delle scale stesse. Ne consegue una generale forzatura interpretativa che deriva dall'uso di espressioni e termini sia dialettali che con significato differente dall'attuale. Nel primo caso possono esserci ragioni legati alla frammentazione geo-politica. (si veda ad esempio la **figura 1.2**), nel secondo l'esatto significato deve essere derivato dal contesto semantico, storico o culturale del periodo in cui si è verificato il terremoto.



a)

b)

Figura 1. 2: contesto geo-politico in Italia nei secoli VI-XI (a) e dal 1860 al 1917 (b) [da Boschi et al., 2000].

La pratica comune nella stima dell'intensità è tuttavia quella di selezionare le informazioni ininfluenti o di scarsa utilità da quelle invece utili per la stima stessa ed interpretare le descrizioni facendo infine confluire gli effetti originali in una delle tipologie formulate nelle Scale.

1.3.2 Inadeguatezza della Scala

Con inadeguatezza della Scala viene fatto riferimento alla presenza in una stessa località di effetti appartenenti a gradi distinti. Molto spesso ad effetti propri di un grado ne sono associati altri appartenenti alla classe successiva o inferiore. Allo stesso modo in una località dove è stato assegnato un certo grado di intensità si osservano più effetti della classe inferiore e superiore che effetti propri del grado effettivamente assegnato. Questi insiemi di effetti non univocamente associabili ad un solo grado sono stati per la maggior parte risolti con l'attribuzione di un grado intermedio (ad esempio, VI-VII) pratica che inevitabilmente introduce una nuova classificazione e una maggiore ambiguità rispetto ai gradi interi. Per tale ragione sarebbe preferibile evitare l'uso di gradi intermedi.

Anche in questo caso, l'unica soluzione sembra essere quella di affidarsi all'esperienza dell'operatore ed alle sue conoscenze .

1.4 Considerazioni conclusive

Tutte le assunzioni “non scritte” [*Ferrari et al.*, 1995], i procedimenti mentali svolti, le necessarie approssimazioni e forzature attuate, i principi logici seguiti dall'esperto, sono criteri soggettivi che non lasciano traccia alcuna e che rendono il

procedimento di assegnazione d'intensità poco omogeneo, poco oggettivo e non interamente riproducibile. Lo stesso operatore si troverà ad analizzare gli effetti di ogni singolo terremoto con metodologie e valutazioni differenti. Nella prassi seguita di non lasciare specifiche spiegazioni, i criteri seguiti sono troppo complessi per rimanere costanti nel tempo.

Va inoltre considerato che ogni operatore ha un suo *background* culturale, processi mentali e convinzioni personali. Far convergere idee e metodi di ogni esperto risulta dunque estremamente difficile. Tale mancanza di rigore costituisce pertanto un aspetto negativo per tutte le analisi in cui i dati macrosismici sono funzionali: sismotettonica, *hazard*, rischio.

2. LOGICA FUZZY E METODI DECISIONALI MULTI ATTRIBUTO

2.1 Introduzione

La stima dell'intensità macrosismica è condizionata da scelte arbitrarie dell'esperto, ovvero della persona preposta alla stima stessa. L'approccio generalmente utilizzato è soprattutto debole nella sostanza del metodo scientifico poiché non garantisce oggettività e riproducibilità delle stime stesse.

Il problema nasce sia dalla base di dati che dalle procedure di scelta successive. Come mostrato nel precedente capitolo, infatti, le informazioni macrosismiche contengono espressioni e termini spesso, incerti rendendo così imprecisa gli effetti. La scelta successiva di un grado macrosismico è inoltre condizionata da osservazioni e ragionamenti non espliciti e di fatto strettamente soggettivi.

L'imprecisione dei dati può essere equiparata alla *fuzziness* [Zadeh, 1965] o "sfocatura" dell'informazione [Ferrari et al., 1995]. Un'espressione linguistica si dice *fuzzy* qualora i confini della sua area di applicazione non siano delineati in modo netto. Il problema della *fuzziness* non è solo qualitativo, ma anche quantitativo, perché tutti i termini linguistici assumono un significato ben preciso solo se inseriti in un contesto, ma sono in sé vaghi [Luzzati, 1990].

I dati imprecisi, qualitativi, possono essere trattati in modo più oggettivo con la teoria dei *Fuzzy Sets* [Zadeh, 1965]. Attraverso la definizione di insieme *fuzzy*, è possibile una loro formalizzazione quantitativa. Un insieme classico è individuato da una funzione binaria (0 o 1) che, per ogni elemento di un insieme universo,

stabilisce se quell'elemento appartiene o non appartiene all'insieme considerato. Un insieme *fuzzy* è invece definito da una funzione caratteristica che associa ad ogni elemento dell'insieme universo una funzione o valore di appartenenza (*grade of membership*, o semplicemente *membership* [Zadeh, 1965]) espresso da un numero reale nell'intervallo $[0, 1]$.

La *Fuzzy Set Theory*, lavora con dati imprecisi e indeterminati traendo vantaggio dall'incertezza dell'informazione. L'obiettivo della logica *fuzzy* è riprodurre il ragionamento umano e la sua capacità decisionale trattando con procedure automatiche e sistematiche le ambiguità e le incertezze riscontrate nei dati per arrivare comunque ad una soluzione.

Tale metodologia, coadiuvata da un'analisi decisionale, può essere applicata per la stima dell'intensità, utilizzando criteri oggettivi e procedimenti riproducibili.

Nei prossimi paragrafi verranno approfonditi aspetti di logica sia classica che *fuzzy* e saranno trattati i metodi di supporto decisionale (*decision making*), focalizzando l'attenzione sui processi decisionali multi attributo.

2.2 Dalla Logica bivalente alla Logica *Fuzzy*

2.2.1 Logica bivalente: origine e sviluppi

La logica è la scienza che analizza la validità di un discorso in termini di nessi inferenziali, deduttivi, relativamente alle proposizioni che lo compongono.

Il termine “logica” deriva dalla parola greca “logos”, che significa discorso, ragionamento. Il primo a far uso di questa parola è stato il filosofo greco Eraclito (540-480 a.C.), il quale sosteneva che il *logos* è il principio universale attraverso il quale tutte le cose sono collegate e tutti gli eventi accadono [*Mancini et al.*, 1993].

L’origine, però, della logica come scienza indipendente si deve ad Aristotele (384-322 a.C.). Egli analizzò i concetti, le categorie, le proposizioni ed i sillogismi (rapporti possibili tra le proposizioni che formano il discorso), ed è considerato il fondatore legittimo della logica bivalente (a due valori), intesa come strumento per interpretare la realtà ed effettuare ragionamenti logici corretti.

La logica bivalente ebbe anche altri insigni precursori: Parmenide (V secolo a.C.), che introdusse la dicotomia essere o non essere (vero o falso) e Democrito (460-380 a.C.), appartenente alla corrente di pensiero degli “atomisti”, che sostituì al concetto parmenideo di “essere e non essere”, quello di “pieno e vuoto” [*Mancini et al.*, 1993].

Il contenuto degli oggetti e la loro origine sono stati approfonditi dalla logica medievale. Francesco Bacone (1561-1626) cercò di costruire una nuova metodologia basata sull’induzione, ed impostò la logica come strumento d’indagine scientifica [<http://it.wikipedia.org/wiki/Logica>, 2009]. René Descartes (1596-1663), riprendendo gli stessi concetti, cercò di stabilire se il rigore tipico di un discorso matematico potesse essere alla base di qualsiasi sapere, compreso quello filosofico [*Mancini et al.*, 1993].

La logica fu perfezionata in età moderna da Blaise Pascal (1623-1662) e Gottfried Leibniz (1646-1716). Quest’ultimo, nella sua *Ars Combinatoria*, propose di “matematizzare” la logica, riducendola ad una disciplina simile all’algebra. Verso la metà del XIX secolo, George Boole (1815-1864) e Augustus De Morgan (1806-1871), suggerirono l’uso di metodologie sistematiche “non quantitative” con

basi matematiche per il trattamento della logica [http://it.wikipedia.org/wiki/Logica_matematica, 2009].

A rendere la logica una vera scienza matematica è stato Giuseppe Peano (1858-1932) [Cammarata, 1994], il primo ad introdurre il concetto di *logica matematica*, simile alla logica aristotelica, ma con notazioni di algebra astratta² e di combinatoria³ [http://it.wikipedia.org/wiki/Logica_matematica, 2005].

Altri sviluppi e formalizzazioni furono apportati da Gottlob Frege (1848-1925) [Frege, 1879] e da Bertrand Russell (1872-1970) [Russell e Whitehead, 1977].

2.2.2 Logica bivalente: principi, notazioni matematiche e contraddizioni

L'intera struttura della logica bivalente si può riassumere attraverso tre principi basilari:

- 1) **Il principio di Identità:** ogni cosa è uguale a se stessa ($A=A$);
- 2) **Il principio di Non Contraddizione:** non è possibile che uno stesso attributo appartenga e non appartenga contemporaneamente e nello stesso contesto ad una medesima cosa; in termini insiemistici, un elemento (ad esempio, x) non può appartenere contemporaneamente ad un insieme (A) ed al suo complemento⁴ (C_A) e l'intersezione tra

² L'algebra astratta è il campo della matematica che si occupa dello studio delle strutture algebriche come gruppi, anelli e campi. Essa parte dallo studio degli "insiemi privi di struttura" (o insiemistica vera e propria), per analizzare, via via, insiemi sempre più strutturati, cioè dotati di una o più leggi di composizione [http://it.wikipedia.org/wiki/Algebra_astretta, 2009].

³ Con il termine combinatorica si intende il settore della matematica che studia insiemi finiti di oggetti semplici (permutazioni di n oggetti, combinazioni con ripetizione, ...) che soddisfino proprietà ben definite e tendenzialmente semplici [http://it.wikipedia.org/wiki/Combinatoria, 2009].

⁴ Se D e A sono insiemi e $A \subseteq D$, la differenza $D - A$ si dice complemento di A rispetto a D e si indica con C_A

questi due insiemi è l'insieme vuoto ($A \cap C_A = \emptyset$, A and $C_A = \emptyset$);

3) Il principio del Terzo Escluso: tra due giudizi contraddittori, uno deve essere vero, l'altro falso, non esiste una possibilità intermedia; in termini insiemistici, non esiste un terzo termine tra A e C_A , e l'unione tra questi due insiemi dà l'insieme universo (U) cui appartiene ogni elemento x ($A \cup C_A = U$, A or $C_A = U$).

Prendendo un qualsiasi elemento x , la sua appartenenza ad un insieme A è definita attraverso una funzione caratteristica f :

$$f_A = 1 \text{ se } x \in A \quad (2.1)$$

$$f_A = 0 \text{ se } x \notin A \quad (2.2)$$

La funzione logica che lega l'elemento x all'insieme A può essere 0 o 1; non esistono valori di appartenenza intermedi, la soluzione è netta e distinta, senza sfumature alcune. L'appartenenza ad un insieme è vera o falsa, non può essere entrambe.

Anche se matematicamente corretta, la logica bivalente, con la sua rigidità, non riesce a riprodurre completamente la complessità del mondo reale, ed entra in contraddizione ogni qualvolta cerca di dare una risposta dicotomica (vero o falso) a concetti che non presentano una connotazione ben precisa.

Il concetto di verità è duplice, esiste una *verità logica* ed una *verità fattuale* [Kosko, 1995].

Appartengono alla prima tutti gli enunciati matematici o logici, come:

- $6 - 3 = 3$;
- “Io sono un essere umano”.

Appartengono alla seconda gli enunciati che descrivono fatti o eventi di connotazione incerta:

- “Il termosifone è freddo”;
- “Io sono giovane”.

Le verità logiche sono vere o false in ogni contesto e risultano, per questo, ben rappresentabili da una logica di tipo aristotelico. Le verità fattuali, al contrario, sono vere o false a seconda dei casi, ma sono proprio queste ultime le più rappresentative della realtà delle cose. La logica bivalente, però, non riesce a dimostrarle.

È difficile, inoltre, stabilire il valore di verità di eventi futuri (ad esempio, “domani piove”) o di paradossi. Esemplicativo è il paradosso riportato da Veronesi e Visioli [2003]:

“Questo enunciato è falso”

Sostenere che l’enunciato è falso, infatti, significherebbe ammettere che quel che dice è vero e quindi di nuovo esso andrebbe ritenuto falso. Per risolverlo in logica binaria bisogna stabilire degli assiomi che escludano gli enunciati che hanno come soggetto l’enunciato stesso.

I concetti ed i ragionamenti del mondo reale sono molto complessi, a volte incerti e vaghi. È per questo che nel tempo si è ritenuto necessario estendere ed implementare la logica a due valori, ed utili a tal proposito si sono rivelate le logiche plurivalenti, gli approcci probabilistici e la logica *fuzzy*.

2.2.3 Precursori della Logica *Fuzzy*

Prima di *Zadeh* [1965], il problema dell’incertezza delle misure, della vaghezza e sfocatura delle informazioni, era stato già affrontato da diversi autori. Lo stesso Eraclito, con il concetto di *polemos*, inteso come lotta tra gli opposti, sosteneva che una cosa può essere allo stesso tempo vera e falsa: l’universo è composto da coppie di opposti (caldo e freddo; giorno e notte) che si alternano e combattono l’un l’altro [*Mancini et al.*, 1993].

L'unità degli opposti è un aspetto indissolubile della realtà e “dell'eterno divenire delle cose”: “Le cose fredde si scaldano, il caldo si fredda, l'umido si secca, ciò che è arido si inumidisce” [Eracrito, *Sulla Natura*]. Non esiste, dunque, una netta linea di demarcazione, neanche tra concetti semanticamente opposti. Tutto è rappresentato da un flusso continuo tra uno stato ed il suo contrario (dal caldo al freddo, dall'umido al secco, dal giorno alla notte). Solo per questi aspetti, Eracrito potrebbe essere considerato il precursore della logica *fuzzy*.

Fu tuttavia solo nello scorso secolo che la logica aristotelica venne messa in discussione a causa del progressivo affermarsi di nuove teorie e dello sviluppo di nuove funzioni logico-matematiche.

Negli anni venti Jan Luckasiewicz [Luckasiewicz, 1954] propose una matematica fondata su tre valori: 0, 0.5, 1. Fu un primo tentativo di ammorbidire la rigidità della logica classica, considerando un valore intermedio tra gli estremi Vero/Falso. Le sue teorie furono riprese da Max Black [1937], che le applicò a vari insiemi. Fu il primo a definire il concetto di soluzioni “vaghe” e ad introdurre la definizione di operatori logici detti *hedges* o *linguistic modifiers* (come “molto”, “abbastanza”, “poco”, eccetera) di cui si parlerà più dettagliatamente nei seguenti paragrafi.

Celebri sono i paradossi proposti da Bertrand Russell [1923] e soprattutto l'antinomia che prende il nome da lui stesso (antinomia di Russell) [Veronesi e Visioli, 2003]: l'insieme di tutti gli insiemi che non appartengono a se stessi (come ad esempio l'insieme di tutti i libri non è un libro) appartiene a se stesso?

Negli anni '30, Kurt Godel dissociò la verità di un enunciato dalla sua dimostrabilità formale. Attraverso una forma di rappresentazione meta-matematica, egli riuscì a compilare l'enunciato “Io non sono dimostrabile”. All'interno di un sistema formale solo le affermazioni vere possono essere dimostrate come teoremi; se falso, infatti, l'enunciato diventa “dimostrabile” ma non potrebbe essere

dimostrato all'interno del sistema. L'affermazione diventa pertanto vera, ma non dimostrabile [Veronesi e Visioli, 2003].

Negli stessi anni Werner Heisenberg sostenne che non è possibile conoscere con esattezza contemporaneamente velocità e posizione di una particella subatomica (o di qualsiasi altra cosa che si muova molto velocemente) [Veronesi e Visioli, 2003]. Maggiore è l'accuratezza nel determinare la posizione di una particella, minore è la precisione con cui si può accertarne la velocità e viceversa.

Un contributo nello studio dell'"incertezza" e della "sfocatura" dell'informazione è stato dato anche dalla teoria delle probabilità. Anche dopo la "nascita", negli anni sessanta, della logica *fuzzy*, gli scienziati più scettici e dogmatici sono "corsi al riparo" sostenendo che tutto ciò che si può affrontare con la logica *fuzzy* può essere benissimo risolto anche con la teoria probabilistica.

Lofti Zadeh "liquidò", con un pizzico di ironia, questa affermazione; egli affermava questo:

"Alcuni sostengono che tutto quello che può essere fatto con la logica *fuzzy* può essere fatto anche con la teoria della probabilità. Questa affermazione è un caso speciale di quella più generale per cui tutto quello che può essere fatto con il metodo A si può fare con il metodo B. Un buon esempio di tale affermazione è il seguente: tutto ciò che si può mangiare col cucchiaio, per esempio una zuppa, lo si può mangiare con la forchetta. È vero. Il solo problema è che ci impieghi un sacco di tempo e puoi perdere la pazienza"

La differenza tra teoria *fuzzy* e teoria delle probabilità è che la prima rappresenta l'incertezza, mentre la seconda limita l'incertezza alle sole fasi iniziali. In sostanza in un approccio probabilistico un evento che abbia una certa probabilità di verificarsi, presenta un esito inizialmente incerto. Una volta tuttavia che si sia verificato, l'esito diventa dicotomico (o vero o falso) [Veronesi e Visioli, 2003].

2.2.4 Logica *fuzzy*

Nei primi anni '60 Lofti A. Zadeh, professore all'Università della California di Berkeley, molto noto per i suoi contributi alla teoria dei sistemi, cominciò ad avvertire che le tecniche tradizionali di analisi dei sistemi erano in molti casi inadatte per molti dei problemi tipici del mondo reale. L'idea di grado d'appartenenza (*grade of membership* o semplicemente *membership*), divenuta poi la spina dorsale della teoria degli insiemi sfumati, fu da lui concepita nel 1964, e ciò portò in seguito, nel 1965, alla pubblicazione di un primo articolo, ed alla nascita della logica sfumata [Zadeh, 1965].

Zadeh introdusse, così, il concetto di insieme *fuzzy*:

₃ Un insieme *fuzzy* è una classe di oggetti con un continuum di gradi di appartenenza. Tale insieme è caratterizzato da una funzione di appartenenza (caratteristica) che assegna ad ogni oggetto un grado di appartenenza compreso tra zero e uno. Le nozioni di inclusione, unione, intersezione, complemento, relazione, convessità, ecc. sono estese a tali insiemi, e diverse proprietà di queste nozioni sono stabilite nel contesto degli insiemi *fuzzy*₄ [Zadeh, 1965].

Preso un elemento (x), la sua appartenenza ad un insieme *fuzzy* (A) sarà data da una funzione continua nell'intervallo $[0, 1]$. Tale funzione rappresenta il grado di verità (*membership*, μ), ossia quanto l'elemento x appartiene all'insieme A , ed è espressa in questo modo:

$$0 \leq \mu (A, x) \leq 1 \quad (2.3)$$

2.3 Logica *fuzzy*: approfondimento matematico e geometrico

2.3.1 Insiemi *Fuzzy*

Per meglio capire la differenza tra logica bivalente e logica *fuzzy* si può far uso della rappresentazione grafica delle funzioni di *membership*.

Mentre nella logica tradizionale l'appartenenza di un elemento all'insieme è data da due soli valori netti e distinti (0 e 1), nella logica *fuzzy* la correlazione tra l'elemento ed il suo insieme è rappresentata da una funzione continua. In una rappresentazione grafica la funzione caratteristica di un insieme tradizionale (chiamato anche *crisp*, netto) individua sul piano cartesiano dei rettangoli o dei quadrati (**fig. 2.1a**); la funzione caratteristica di un insieme *fuzzy*, invece, utilizzando l'intero intervallo di valori tra 0 ed 1, formerà sul piano trapezi, triangoli, parabole o gaussiane (**fig. 2.1b**).

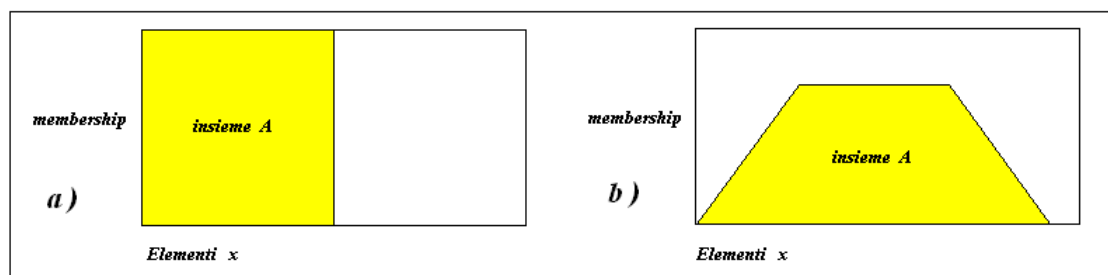


Figura 2. 1: rappresentazione degli insiemi tradizionali (a) e *fuzzy* (b).

Un'ulteriore rappresentazione grafica è data dai diagrammi di Eulero-Venn.

Se tutti gli insiemi che si considerano in un certo contesto sono sottoinsiemi di uno stesso insieme, questo si dice insieme “ambiente” o insieme “universo” e si indica generalmente con “U”.

Si è soliti rappresentare l'insieme universo o l'insieme ambiente con un rettangolo, mentre i sottoinsiemi con dei cerchi (**fig. 2.2**). La figura 2.2 prende come esempio i sottoinsiemi “maschi” e “geologi” per i *set* tradizionali e “adulti” e “giovani” per i *set fuzzy*.

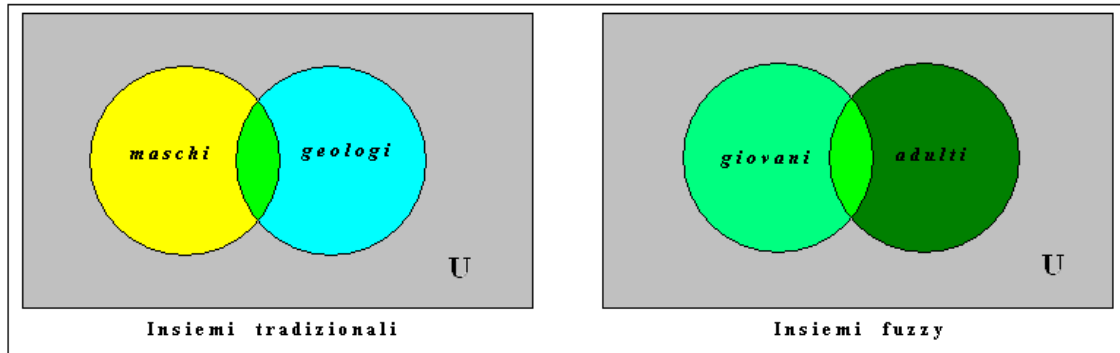


Figura 2. 2: diagrammi di Eulero-Venn per gli insiemi tradizionali e per quelli *fuzzy* [da Bonarini, 2003, modificata].

La differenza sostanziale tra logica *fuzzy* e logica bivalente sta nel fatto che la logica *fuzzy* prende anche in considerazione concetti qualitativi (“giovane” e “adulto”). Ad esempio: quando la temperatura dell’atmosfera può considerarsi alta? Non esiste una soglia netta di separazione ed è un concetto sostanzialmente soggettivo. Per rappresentare quanto la temperatura sia alta è utile determinare il grado di appartenenza ovvero la *membership* (**fig. 2.3**) della temperatura. Ad esempio: una temperatura di 10 gradi è più bassa di una di 20, e quest’ultima lo è di più di una di 30, quindi anche la temperatura di 20 gradi può appartenere all’insieme *fuzzy* “*bassa*”, solo con un grado di appartenenza inferiore.

Dalla figura 2.3 si nota come una temperatura di 20 gradi appartenga ai tre insiemi *fuzzy*, con un grado di appartenenza medio-alto per l’insieme “*non molto bassa*”, medio-basso per l’insieme “*bassa*”, basso per l’insieme “*alta*”.

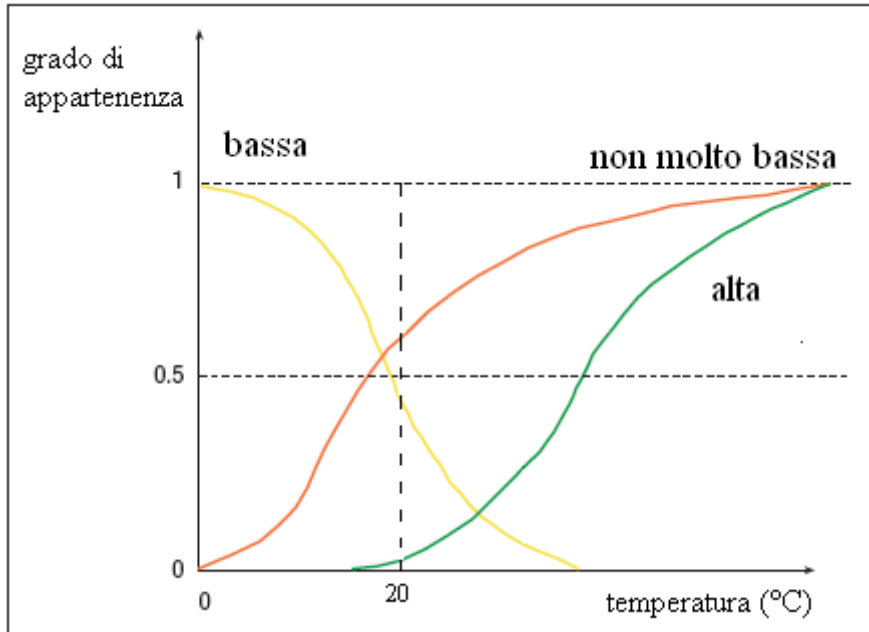


Figura 2.3: funzioni di appartenenza definite sulla variabile “temperatura”; sono analizzati gli insiemi “bassa” (curva gialla), “non molto bassa” (curva arancione) e “alta” (curva verde) [da Bonarini, 2003, modificata]

2.3.2 Operazioni sugli insiemi *fuzzy*

In questo paragrafo verranno estese agli insiemi *fuzzy* alcune delle definizioni relative agli insiemi *crisp*.

Utilizzando espressioni matematiche e rappresentazioni geometriche si possono definire:

- **Fuzzy Set F:** $\{ [x, \mu_F(x)] \mid x \in U, \mu_F(x) : U \rightarrow [0, 1] \}$, (**fig. 2.4**);
- **Supporto:** $\text{Supp}(F) = \{ x \mid \mu_F(x) > 0 \}$, (**fig. 2.4**);
- **Nucleo:** $\text{nucleo}(F) = \{ x \mid \mu_F(x) = 1 \}$, (**fig. 2.4**);
- **α -cut:** $\alpha\text{-cut}(F) = \{ x \mid \mu_F(x) > \alpha \}$, (**fig. 2.4**);

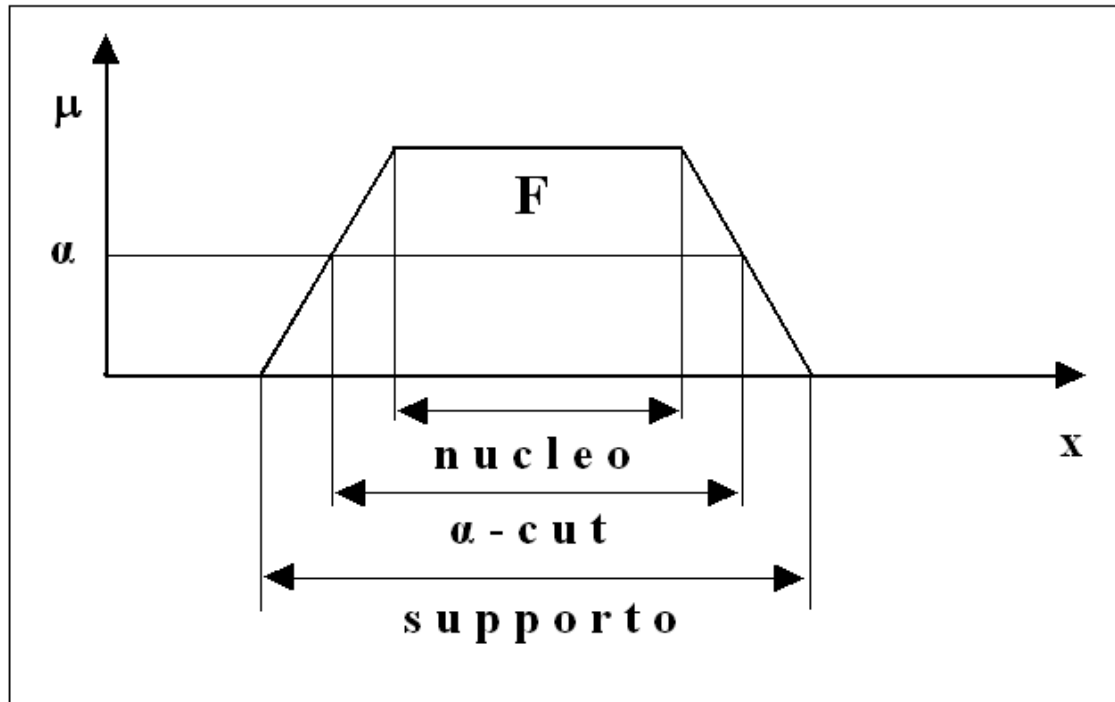


Figura 2. 4: Fuzzy set, supporto, nucleo, α -cut.

- **Insieme vuoto:** $A = \emptyset$ se e solo se $\mu(A, x) = 0$;
- **Uguaglianza:** $A = B$ se e solo se $\mu(A, x) = \mu(B, x)$;
- **Complemento o negazione:** $C_A = \{x \mid \mu(C_A, x) = 1 - \mu(A, x)\}$, (fig. 2.5b);
- **Intersezione:** $A \cap B = \{x \mid \mu(A \cap B, x) = \min [\mu(A, x), \mu(B, x)]\}$, (fig. 2.5c);
- **Unione:** $A \cup B = \{x \mid \mu(A \cup B, x) = \max [\mu(A, x), \mu(B, x)]\}$, (fig. 2.5d);

Si nota dalle definizioni e dalla rappresentazione grafica (fig. 2.5) come l'intersezione e l'unione di un insieme e del suo complemento non costituiscano rispettivamente l'insieme vuoto (0) e l'insieme universo (1). I tradizionali principi di non contraddizione e del terzo escluso della logica classica (paragrafo 2.2.2), non sono più validi nella logica fuzzy.

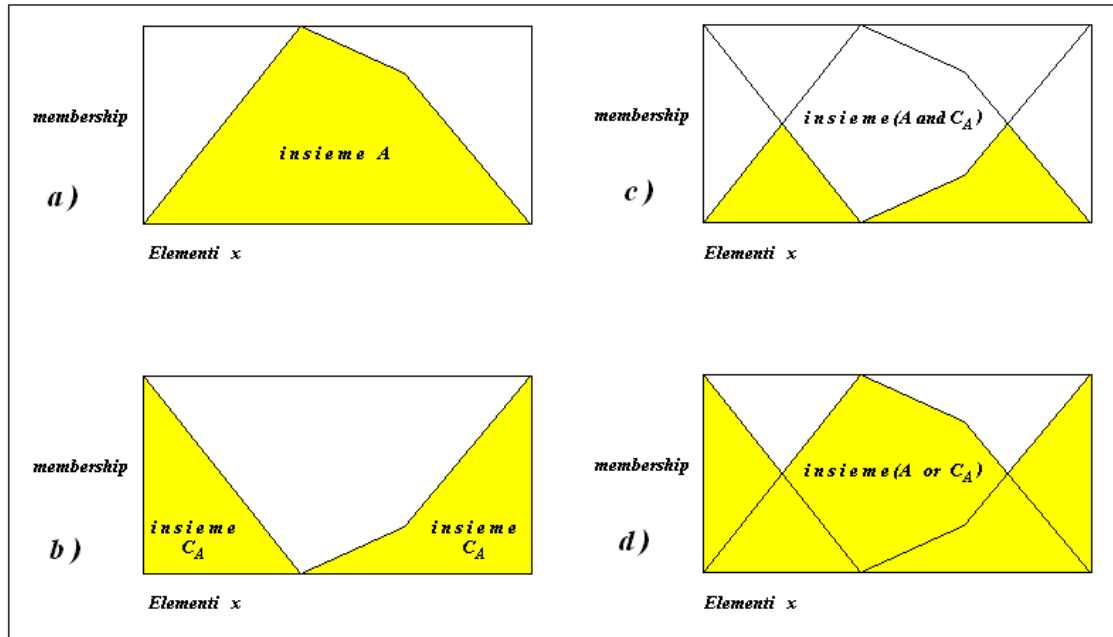


Figura 2. 5: insieme fuzzy (a), relativo complemento (b), intersezione (c) ed unione (d) tra i due insiemi.

Se assumiamo, ad esempio, che $\mu(A, x) = 0,7$, allora il complemento di A avrà $\mu(C_A, x) = 1 - 0,7 = 0,3$. Pertanto si avrà che $\mu(A \cap C_A, x) = 0,3$ e non 0, mentre $\mu(A \cup C_A, x) = 0,7$ e non 1.

- **Insieme normalizzato:** un insieme fuzzy A sul dominio X si dice normalizzato se la sua funzione caratteristica $\mu(A, x)$ assume valore 1 per almeno un elemento x appartenente a X ;
- **Inclusione:** B è contenuto in (o è sottoinsieme di) A se e solo se la funzione di appartenenza di B è minore della funzione di appartenenza di A per ogni x in X : $B \subseteq A$ se e solo se $\mu(B, x) \leq \mu(A, x) \forall x \in X$;
- **Convessità:** indichiamo con N_n il sottoinsieme finito dei numeri naturali $\{1, \dots, n\}$. Un insieme ordinario A in \mathfrak{R}_n si dice convesso se, per ogni coppia di punti $r = \langle r_1, \dots, r_n \rangle$ e $s = \langle s_1, \dots, s_n \rangle$ in A ed ogni numero reale λ compreso tra 0 e 1, il punto $t = (\lambda r_i + (1 - \lambda) s_i \mid i \in N_n)$ si trova anch'esso in A . In altre parole potremo dire che un insieme A in \mathfrak{R}_n è convesso

se per ogni coppia di punti (r, s) in A , tutti i punti giacenti sulla retta che collega r a s sono contenuti nell'insieme A ;

- **Numeri *fuzzy***: un insieme *fuzzy* convesso e normalizzato sull'insieme dei numeri reali \mathfrak{R} si dice *numero fuzzy*. Analogamente un numero *naturale fuzzy* sarà un insieme *fuzzy* convesso e normalizzato su \mathbb{N} . Esempi di numeri *fuzzy* sono “circa 2”, “più o meno 3”, “molto più grande di 7”, e così via.

Un'ultima considerazione da fare è che se la *membership* di un insieme *fuzzy* assume valori pari a 0 o ad 1 tornano a valere tutti gli assiomi della logica bivalente. Da questa osservazione si deduce che la logica classica è un sottoinsieme della logica sfumata;

2.3.3 Ragionamento *fuzzy*

Zadeh nel 1973 enunciò il principio di incompatibilità [Zadeh, 1973]. Egli mostrò come la nostra capacità di fare considerazioni precise e significative diminuisca all'aumentare della complessità del sistema, fino ad una certa soglia oltre la quale significatività e precisione sono mutuamente esclusive.

Gli elementi chiave del pensare umano non sono numeri, bensì etichette di insiemi *fuzzy*, dunque classi di oggetti nei quali la transizione tra appartenenza e non appartenenza è graduale. La *fuzziness* del pensiero umano è controllata da una logica formata da verità *fuzzy*, connettivi *fuzzy*, regole *fuzzy* e che sia in grado di supportare verità parziali, informazioni imprecise e sfuocate.

Una particolarità del pensiero umano è ad esempio quella di sintetizzare le informazioni, di riuscire ad estrapolare, da una più o meno rilevante quantità di dati, quelli utili per un determinato scopo. Nel processo di stima dell'intensità l'esperto macrosismico sintetizza la poca o molta informazione macrosismica per ottenere un grado.

Dalla lettura dei documenti storici, l'operatore, attraverso una procedura "non scritta" codifica le informazioni più rilevanti, raggruppandole in insiemi *fuzzy* ovvero in distinti gradi della Scala. Effettua dunque, mentalmente, un ragionamento *fuzzy*, che presuppone l'utilizzo di variabili linguistiche non numeriche.

2.3.3.1 Variabili linguistiche

Una variabile linguistica è una variabile il cui valore è espresso non su base numerica ma utilizzando parole. Un termine linguistico presenta caratteristiche molto più *fuzzy* di un termine numerico, perché molte volte meno specifico. Prendendo come esempio l'età, è molto più vaga la definizione di "giovane" che quella di "20 anni".

Una variabile linguistica è definita con una quintupla $\{x, T(x), U, G, M\}$ [Zadeh, 1975b, 1975c], dove:

- 1) x è il nome della variabile
- 2) $T(x)$ è l'insieme dei nomi (o termini) dei valori linguistici della variabile x
- 3) U è l'universo del discorso
- 4) G è la regola sintattica che genera i nomi in $T(x)$
- 5) M è la regola semantica che assegna a ciascun nome il suo significato, cioè un insieme *fuzzy*

Per capire meglio il significato dei termini che caratterizzano una variabile linguistica, si può ricorrere ad un esempio. Prendendo in esame la temperatura di un oggetto, si deve stabilire quanto essa sia alta:

- a) il nome della variabile linguistica è ovviamente $x = \textit{temperatura}$;
- b) un esempio di insieme di valori linguistici per x può essere $T(x) = (\textit{alta}, \textit{media}, \textit{bassa})$;

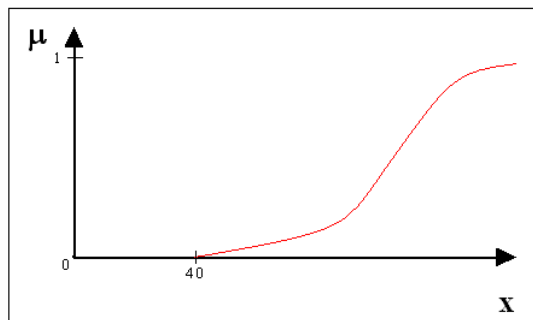
- c) L'universo del discorso è un range di variabilità dei valori di x , ad esempio assumiamo $U = [0^\circ, 100^\circ]$;
- d) Una regola che genera i nomi può essere ad esempio ottenuta applicando ai predicati *bassa* e *alta* i modificatori linguistici che saranno definiti successivamente.
- e) M è una regola che assegna a ciascun termine un insieme *fuzzy*; per il termine *alta* la regola potrebbe essere definita come segue:

$$M(\text{alta}) = \{ [x, \mu_A(x)] ; x \in U \}$$

dove

$$\mu_A(x) = 0 \quad \text{se } x < 40$$

$$\mu_A(x) = f(x) \quad \text{se } x > 40$$



indicando con $f(x)$ una curva che segua l'andamento della *membership* in funzione della temperatura.

2.3.3.2 Struttura di una variabile linguistica

Una variabile linguistica si dice che è strutturata, vale a dire che è composta attraverso due regole [Zadeh, 1975a]:

- Una regola sintattica, che specifica il modo in cui il valore linguistico dell'insieme dei termini della variabile dovrebbe essere generato (a tale proposito si considera che essi siano generati all'interno di una grammatica senza contesto);
- Una regola semantica che specifica la procedura per calcolare il significato di ogni valore linguistico.

Il valore di una variabile linguistica è un termine composto formato dalla concatenazione di termini semplici. Questi termini possono essere:

- a) Predicati;
- b) Oggetti;
- c) Operatori logici AND, OR, NOT;
- d) Modificatori;
- e) Quantificatori.

a) Predicati

I predicati sono i termini primari, le parole chiavi del discorso, come “*alto*”, “*basso*”, “*giovane*”, “*vecchio*”, eccetera.

b) Oggetti

Gli oggetti di una variabile linguistica sono i termini ai quali sono associati i predicati. Ad esempio, nella frase “*la temperatura è alta*”, la temperatura è l'oggetto.

c) Operatori logici

Sono gli operatori di unione, intersezione e negazione.

Sono utili per estendere le espressioni linguistiche. Ad esempio, “*la temperatura AND(unione) la pressione sono alte*”.

d) Modificatori

Sono avverbi e aggettivi del linguaggio naturale, come “*molto*”, “*abbastanza*”, “*più o meno*”, “*leggermente*”, eccetera e modificano i termini in $T(x)$ (**paragrafo 2.3.3.1**) e i relativi insiemi *fuzzy* che ne determinano il significato, cambiando il valore di verità di una proposizione. Mentre nella logica tradizionale l’unico modificatore è quello di negazione [Bonarini, 2003], nella logica *fuzzy* i modificatori sono in linea di principio infiniti.

In termini matematici e geometrici sono funzioni in grado di variare la curva di appartenenza di insiemi *fuzzy* generici. Ad esempio:

$$\text{molto}(A) = A^2;$$

$$\text{più o meno}(A) = A^{1/2}.$$

Applicando il modificatore *molto* al predicato A , con funzione caratteristica a forma triangolare (**fig. 2.7a**), la nuova funzione “*molto A*” presenterà una forma più ristretta attorno al punto di massimo (**fig. 2.7c**).

Applicando invece il modificatore *più o meno*, la funzione caratteristica di “*più o meno A*” risulterà più dilatata (**fig. 2.7b**).

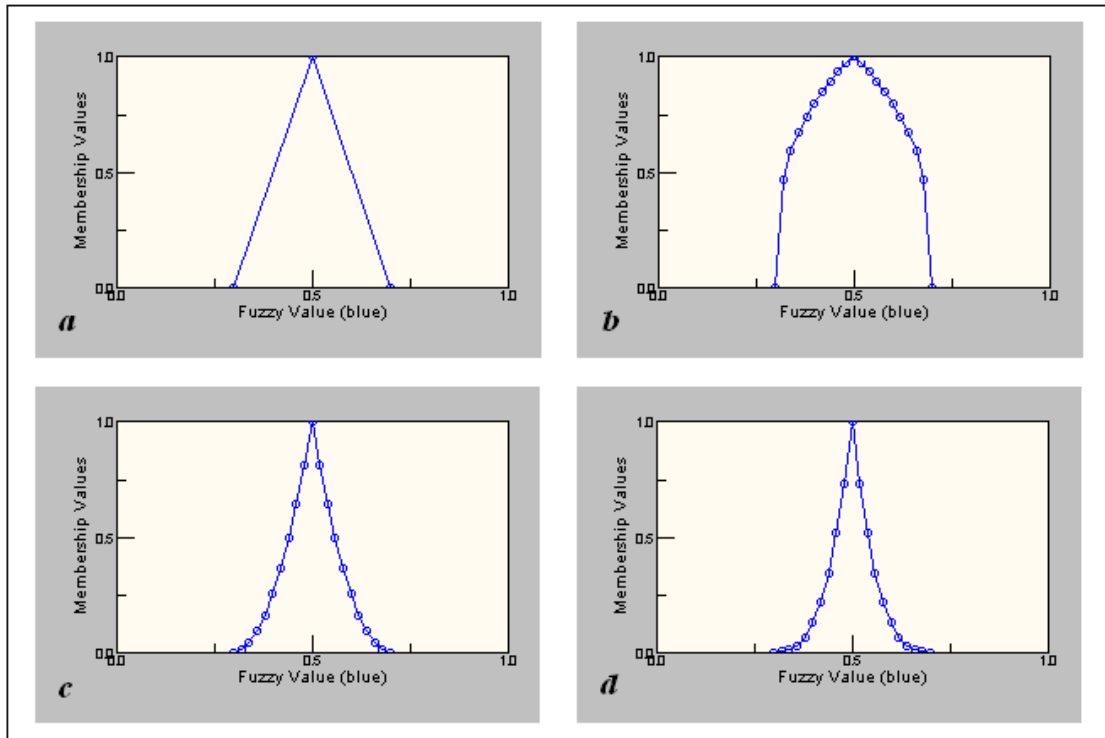


Figura 2. 6: Visualizzazione grafica dell'applicazione di modificatori ad un valore *fuzzy* di partenza (a). Il modificatore *più o meno* (b) incrementa tutti i valori della *membership* di partenza (a) di un fattore 1/2; il modificatore *molto* (c) li incrementa di un fattore 2; il modificatore *estremamente* (d) di un fattore 3 [da http://www.iit.nrc.ca/IR_public/fuzzy/fuzzyJDocs/FuzzyModifier.html, modificato].

e) Quantificatori

I quantificatori sono aggettivi applicabili agli oggetti.

Ad esempio, prendendo un oggetto (o) ed un predicato (p), la frase “ o è p ” può essere modificata in “*molti* o sono p ” oppure in “*quasi tutti gli* o sono p ”. Prendendo come riferimento questi due esempi, i quantificatori si possono suddividere in due categorie [Ralescu, 1994]:

- **Numerici:** la valutazione “*molti* o sono p ” non dipende dal numero complessivo degli elementi del dominio, ma solo dal numero degli oggetti che sono “ p ” e dal significato assegnato al termine *molti*;

- **Proporzionali:** l'espressione “*quasi tutti gli o sono p*” dipende sia dal numero degli oggetti che sono “*p*”, sia dal numero totale degli elementi del dominio.

I quantificatori *fuzzy* sono il corrispettivo dei quantificatori esistenziale (esiste un x tale che...) e universale (per ogni x ...) della logica classica [Bonarini, 2003].

2.4 Metodi Decisionali

2.4.1 Sistemi di supporto alle decisioni (*Decision Making*)

Il concetto di decisione è intrinseco in tutte quelle azioni che interessano una scelta o una valutazione.

Il processo decisionale (*Decision Making*) è una complessa attività mentale umana che può essere definita come una scelta, da parte di un soggetto (decisore), tra più alternative possibili, finalizzata al compimento di uno o più obiettivi [Haimes, 1985].

2.4.2 MCDM: multi attributo e multi obiettivo

La maggior parte dei problemi decisionali è caratterizzata dalla presenza di più criteri di scelta dell'alternativa migliore, spesso in conflitto fra loro. Per affrontare un problema decisionale di questo tipo si ricorre ai Metodi Decisionali Multi Criterio (MCDM, *Multi Criteria Decision Making methods*). Questi metodi sono caratterizzati dalla seguente terminologia comune (Ribeiro, 1996):

- **Alternative:** oggetti, azioni o possibilità da scegliere per il raggiungimento di uno o più obiettivi;
- **Attributi:** insieme di caratteristiche per definire le alternative;
- **Obiettivi:** scopi da perseguire attraverso la scelta di una o più alternative;
- **Preferenze/Pesi:** importanza degli attributi e delle alternative.

Le metodologie sviluppate negli anni per risolvere un problema decisionale multi criterio sono molteplici e diverse, a seconda delle caratteristiche stesse del problema o degli obiettivi da raggiungere. Una prima importante distinzione (*Chen e Hwang, 1992*) è quella tra *i*) Metodi Decisionali Multi Obiettivo (**MODM**, *Multiple Objective Decision Making methods*) e *ii*) Metodi Decisionali Multi Attributo (**MADM**, *Multiple Attribute Decision Making methods*).

i) I metodi multi obiettivo (MODM) sono caratterizzati dalla scelta tra alternative non predeterminate (continue ed infinite) per il raggiungimento di determinati obiettivi spesso contrastanti tra loro. Il processo decisionale riguarda l'individuazione della scelta migliore all'interno di un insieme infinito di alternative. Lo scopo fondamentale è quello di creare la migliore alternativa che soddisfi al meglio i vari obiettivi. Nel grafico di **figura 2.7** è rappresentato un esempio schematico di analisi multi obiettivo. La curva in rosso rappresenta l'insieme delle possibili alternative. Gli obiettivi sono due (obiettivo 1 e obiettivo 2). La decisione consiste nel minimizzare la distanza con il punto di compromesso tra i due obiettivi. Un esempio potrebbe essere la scelta della percentuale (alternative infinite) di energia ricavata da fonti rinnovabili da utilizzare, in un determinato territorio, per minimizzare l'impatto ambientale (Obiettivo 1) e massimizzare la rendita energetica (Obiettivo 2).

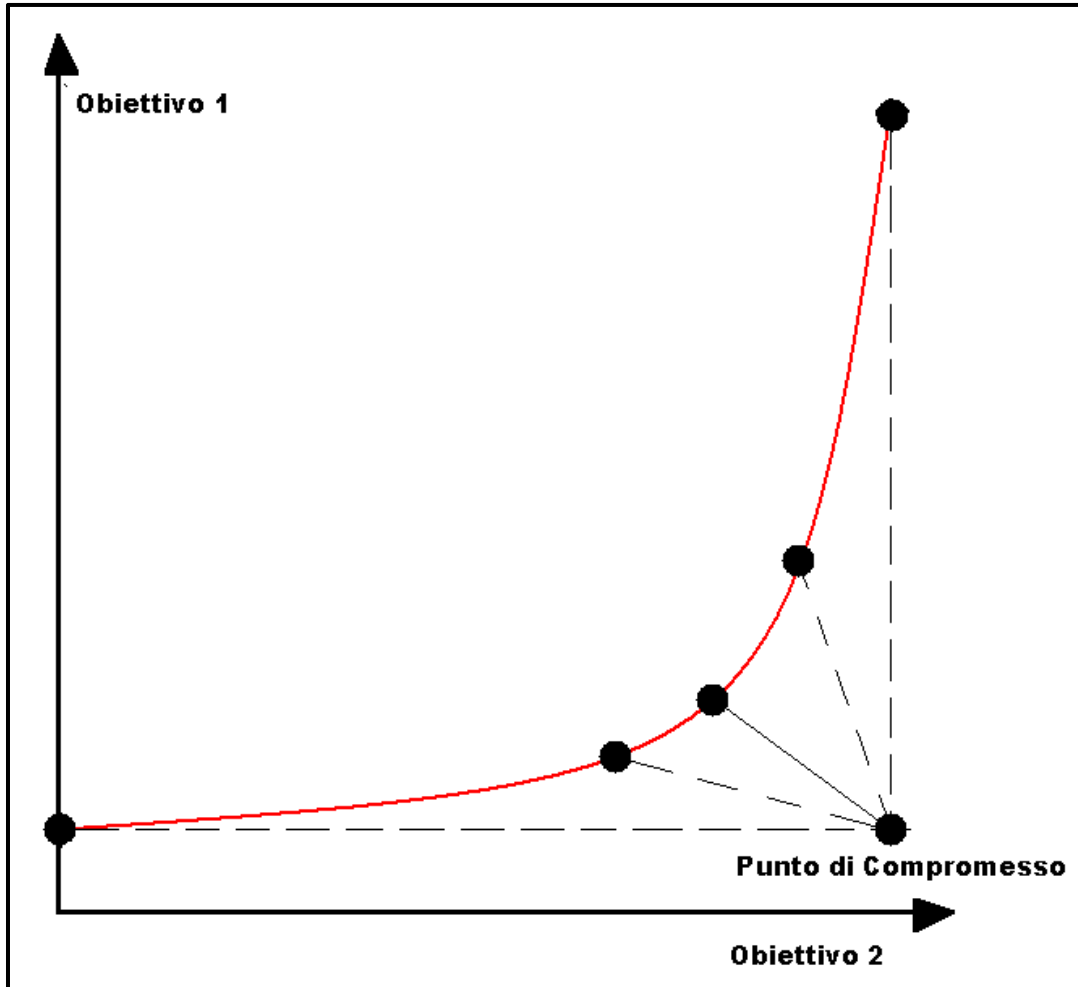


Figura 2. 7: esempio schematico di un'analisi multi obiettivo.

ii) Nei metodi multi attributo (MADM) il decisore deve scegliere tra un numero discreto e finito di alternative per il raggiungimento di un singolo obiettivo, sulla base di determinate caratteristiche (attributi). Un esempio è la scelta tra un numero determinato di autovetture (alternative) sulla base del costo, della velocità, del comfort e del consumo di carburante (attributi).

In questo lavoro l'attenzione è focalizzata sui metodi multi attributo, in quanto la stima dell'intensità macrosismica di un terremoto non è altro che la scelta di un grado di intensità (tra i gradi della Scala: alternative finite e discrete) sulla base degli effetti osservati (attributi).

2.4.3 MADM: descrizione e classificazione

Come già scritto i Metodi Decisionali Multi Attributo (MADM) si basano sulla scelta di un'alternativa tra varie possibili, sulla base di determinate caratteristiche (attributi). Questi metodi possono essere applicati in contesti eterogenei: la scelta, per una fabbrica, di un macchinario sulla base del costo, dell'efficienza e dell'affidabilità; la scelta di un lavoro in base alla retribuzione, alla distanza dal luogo di residenza, alla possibilità di carriera, alla stabilità e al tempo libero; o anche la scelta di un candidato ad un dottorato, una borsa di studio o un assegno di ricerca prendendo in considerazione il voto al test scritto, il voto al colloquio orale e i titoli.

Gli elementi in comune dell'analisi multi attributo sono (*Chen e Hwang, 1992*):

- Un insieme finito di alternative;
- Molteplici attributi;
- Misure tra loro incommensurabili (ad esempio, il costo e la velocità di un'automobile da acquistare);
- Pesi da associare agli attributi e/o alle alternative per quantificarne il valore di importanza per il raggiungimento di un particolare obiettivo (non sempre presenti).
- Conflitto tra attributi (non sempre presente).

Un problema multi attributo può essere espresso sinteticamente attraverso una matrice decisionale:

$$D_{ij} = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \cdots & X_n \\ A_1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ A_2 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{matrix} \quad (2.5)$$

Dove A_i (con $i = 1, \dots, m$) sono le alternative e X_j (con $j = 1, \dots, n$) sono gli attributi. Il processo decisionale si suddivide, essenzialmente, in due fasi principali:

1. per ogni alternativa (A_i), si aggregano i valori degli attributi (x_{ij}), ottenendo come risultato una funzione (vettore) di aggregazione ($D(A_i)=@_jD_{ij}$);
2. si sceglie l'alternativa che rappresenta la decisione migliore tra le alternative disponibili.

Esistono numerosi metodi per l'analisi multi attributo presenti in letteratura. Ognuno ha le sue peculiarità e la sua adattabilità alla tipologia di problema da risolvere. I metodi possono essere classificati in base a diverse caratteristiche. Di facile intuizione è la classificazione adottata da Hwang e Yoon [1981] (**fig. 2.8**) sulla base del tipo di informazione fornita dal decisore:

- a) nessuna,
- b) informazione sugli attributi,
- c) informazione sulle alternative.

L'informazione sugli attributi (*b*) può essere fornita impostando un livello standard (*standard level*) di accettabilità (un'alternativa è considerata accettabile se e solo se supera il valore di soglia per tutti (metodo congiuntivo) o per almeno uno (metodo disgiuntivo) degli attributi), ordinando gli attributi in base alla loro importanza (*ordinal*), assegnando un peso (valore numerico) ad ogni attributo (*cardinal*), o scegliendo un tasso marginale di sostituzione⁵ (*marginal rate of substitution*). L'informazione sulle alternative (*c*) può essere fornita effettuando un confronto a coppie (*pairwise preference*) o ordinando le coppie di alternative in base alla similarità tra le due alternative considerate (*order of pairwise proximity*). Metodi di questo tipo sono poco utilizzati, in quanto dare informazione sulle alternative è molto più arduo che darle sugli attributi [Chen e Hwang, 1992].

⁵ Tipico dei metodi compensatori, in cui sono previsti *trade-off* tra gli attributi: un piccolo cambiamento in un attributo può essere compensato da un equivalente ed opposto cambiamento di un altro attributo. Il tasso di sostituzione misura la disponibilità del decisore a peggiorare il valore di un attributo in favore di un altro. Esempio: nella scelta di una macchina si è disposti a rinunciare ad elementi di comfort per ridurre il costo.

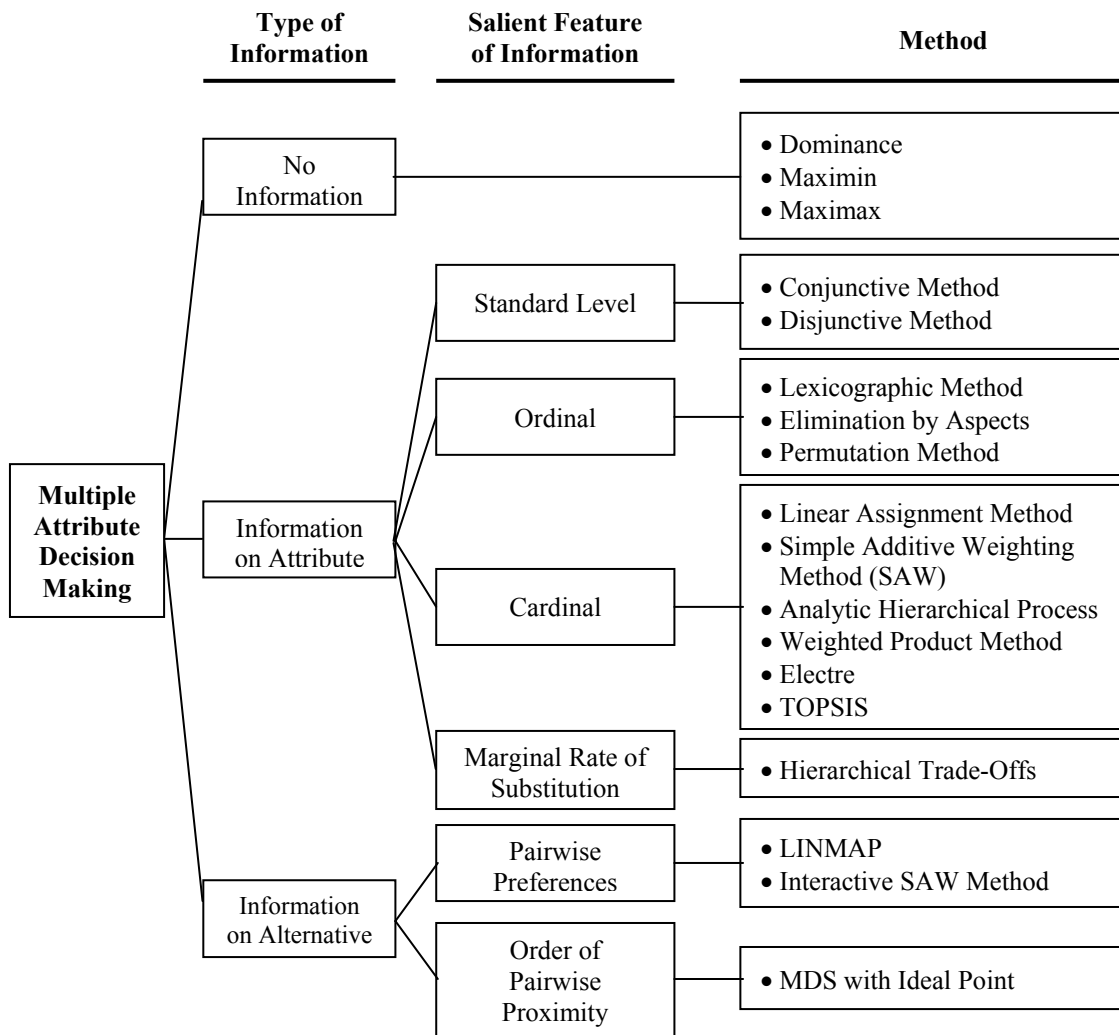


Figura 2. 8: Tassonomia dei metodi MADM classici [da Hwang e Yoon, 1981, modificata].

2.4.4 Metodi *crisp* e metodi *fuzzy*

Spesso accade che il decisore debba valutare la scelta di una o più alternative basandosi su informazioni poco precise, ovvero in condizioni di incertezza. I dati e le informazioni, che stanno alla base di un processo decisionale che rispecchia la complessità della realtà, sono di varia natura. Essi potranno innanzitutto essere numeri reali, ma sarà più probabile avere la contemporanea presenza di numeri reali, numeri *fuzzy* e di valori espressi in termini di variabili linguistiche. La natura di questi diversi tipi di dati è data

dall'imprecisione dell'informazione; per questo in letteratura spesso si parla di *decision making in a fuzzy environment*, ovvero di processi decisionali svolti in un ambiente in cui gli elementi principali non sono precisamente conosciuti dal decisore [Bellman e Zadeh, 1970; Zimmerman, 1985].

L'imprecisione dell'informazione dipende da [Chen e Hwang, 1992]:

1. **informazione qualitativa:** utilizzo di variabili linguistiche (buono, alto, costoso,...) per quantificare il valore di un attributo per un'alternativa;
2. **informazione incompleta:** il valore degli attributi è espresso da numeri associati a termini come “circa”, “più o meno” “approssimativamente”, ...;
3. **informazione non ottenibile:** in genere si ha quando ci sono delle informazioni riservate; il valore viene espresso in modo approssimativo o mediante variabili linguistiche;
4. **ignoranza parziale:** non conoscenza di una parte del problema analizzato.

Per affrontare correttamente questi tipi di incertezza è opportuno ricorrere *Fuzzy Set Theory* [Zadeh, 1965] ed affrontare il problema decisionale utilizzando i Metodi Decisionali Multi Attributo *Fuzzy* (FMADM, *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making*).

2.4.5 FMADM: descrizione e classificazione

I primi ad utilizzare i principi della *fuzzy set* per il *decision making* furono Bellman e Zadeh [1970]. Negli anni a seguire sono stati introdotti numerosi metodi decisionali *fuzzy*. I primi studi sistematici sull'argomento, però, risalgono al 1978 [Kickert], al 1985 [Zimmermann] e al 1987 [Zimmermann]. Zimmermann [1987] fu il primo a formalizzare l'analisi multi attributo dividendo la procedura

in due fasi distinte e consecutive. Come i MADM classici, infatti, i FMADM si articolano in:

1. aggregazione dei valori degli attributi per ogni alternativa;
2. ordinamento dei valori ottenuti con la fase di aggregazione.

La differenza sostanziale con i metodi classici, oltre al fatto che i valori degli attributi sono insiemi *fuzzy*, è che la seconda fase risulta essere un'operazione molto più complessa. Nei metodi classici i valori di aggregazione sono numeri reali. L'ordinamento di questi numeri è immediato, così come è immediata la scelta dell'alternativa. Il punto chiave di questi metodi è la prima fase. Nei metodi *fuzzy*, invece, i valori della fase di aggregazione sono anch'essi insiemi *fuzzy*, il cui ordinamento risulta essere piuttosto complicato. Uno schema dei principali metodi multi attributo *fuzzy* è quello di **figura 2.9**:

1. Per prima cosa va considerata la **grandezza del problema** da risolvere. Chen e Hwang [1992] propongono il valore chiave di soglia per il numero di attributi e di alternative pari a 10. Questa soglia è sostanzialmente arbitraria. Il concetto è che i metodi utilizzabili con valore di soglia inferiore a 10 diventano complicati quando il numero degli attributi e delle alternative è eccessivamente elevato.
2. Valutata la grandezza del problema, si considerano i **tipi di dati** a disposizione: *crisp*, *fuzzy* o entrambi.
3. A questo punto si sceglie il **metodo** più adatto; come si vede dalla figura 2.9 i metodi *fuzzy* derivano tutti dai metodi multi attributo classici; la differenza sta nelle tecniche di aggregazione e scelta dell'alternativa migliore, che si basano sui principi della *Fuzzy Set Theory*.

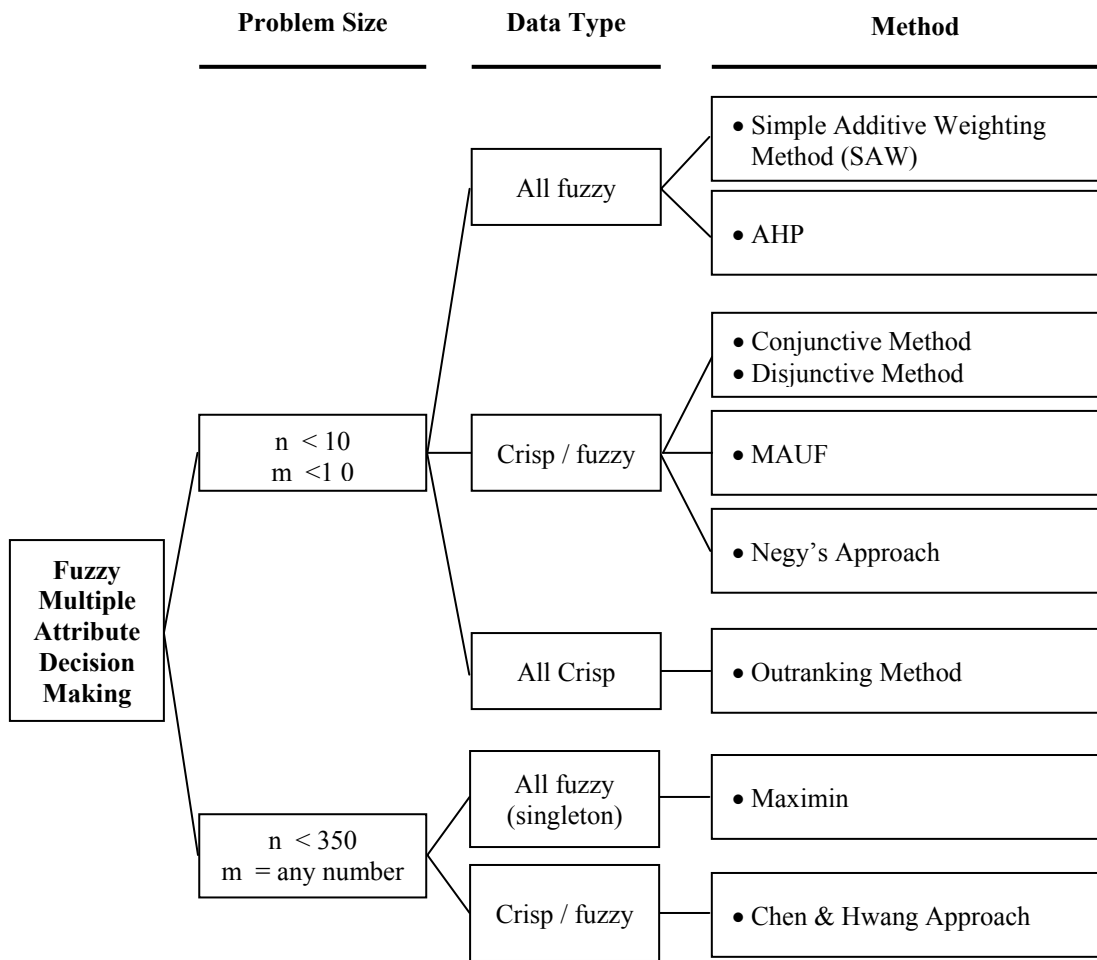


Figura 2. 9: Tassonomia dei metodi MADM *fuzzy* (n = numero di attributi; m = numero delle alternative) [da *Chen e Hwang*, 1992, modificata].

3 INDAGINE MACROSISMICA FUZZY

3.1 Introduzione

L'informazione macrosismica è caratterizzata da dati qualitativi che non permettono in molti casi una caratterizzazione obiettiva e certa dell'intensità. L'approccio *fuzzy*, descritto in seguito, permette sia un trattamento rigoroso dell'informazione macrosismica con l'archiviazione sistematica dei dati di base, la loro modifica sulla base di regole di corrispondenza e una associazione tra effetti e gradi della Scala Macrosismica utilizzando come parametro indipendente l'intensità dell'esperto.

La seconda parte della procedura è finalizzata all'assegnazione dell'intensità macrosismica attraverso una metodologia che riproduce lo stesso processo "umano": così come l'esperto (decisore) assegna un grado di intensità (alternativa) sulla base di un insieme di effetti (attributi), l'algoritmo di scelta applica una metodica decisionale matematica.

In letteratura il primo approccio per rendere più oggettivi e riproducibili i passaggi dall'effetto iniziale descritto nelle fonti, ovvero verificare i rilevamenti effettuati in condizioni simili, al valore numerico dell'intensità fu tentato da Brazee [1979] con la costruzione di un database di oltre 400.000 effetti. Lo stesso autore cercò inoltre una relazione statistica nell'associazione tra effetto e distanza epicentrale allo scopo di individuare possibili correlazioni. Ferrari et al. [1995] hanno utilizzato un nuovo approccio alla determinazione dell'intensità macrosismica di un terremoto,

avvalendosi di un database informatico contenente le osservazioni di effetti presenti nella scala macrosismica e di un algoritmo decisionale automatico rispondente ai criteri di rigore ed oggettività. Tale algoritmo è un adattamento di un metodo decisionale (*Multi-Criteria Decision Making*, MCDM) costruito come supporto per analisi di pianificazione territoriale [Xiang et al., 1987] e basato sulla teoria dei *Fuzzy Sets*.

Successivamente Vannucci et al. [1999; 2000] hanno cercato di ampliare il contenuto delle informazioni attraverso l'utilizzo di effetti corrispondenti alle descrizioni originali, tenendo traccia dei procedimenti effettuati per l'interpretazione degli stessi.

In questo capitolo grazie soprattutto ad un approfondimento teorico e all'utilizzo di software integrato, sono state apportate notevoli innovazioni concettuali e pratiche. Verrà presentata la metodologia di archiviazione sistematica di dati macrosismici, il trattamento interpretativo dell'informazione mediante regole e filtri ed il successivo utilizzo dei database per l'assegnazione dell'intensità attraverso algoritmi facenti capo alla logica *fuzzy* e all'analisi multi attributo. In particolare per il trattamento dei dati macrosismici è stata implementata la procedura di codifica delle descrizioni di effetti ricavate dalle fonti documentaristiche. Le descrizioni, formalmente distinte, ma con analogo significato, sono state successivamente uniformate attraverso delle "regole di interpretazione" in modo oggettivo, documentato e riproducibile. Effetti e gradi di intensità sono stati poi combinati utilizzando i principi della teoria dei *Fuzzy Set* per essere infine processati con procedure decisionali che forniscono una stima dell'intensità.

In sintesi la procedura si articola in:

- 1) Archiviazione e codifica dell'informazione macrosismica;
- 2) Trattamento dei dati codificati mediante algoritmi informatici basati sui principi della *Fuzzy Set Theory* [Zadeh, 1965];

- 3) Stima dell'intensità macrosismica attraverso metodi decisionali multi attributo [*Chen & Hwang*, 1992].

3.2 Archiviazione e codifica alfanumerica dei dati

L'idea di elaborare l'informazione macrosismica presente nelle fonti documentaristiche¹ dividendo ogni singolo effetto del terremoto in cinque componenti logico-sintattiche [*Vannucci et al.*, 1996; 1999; 2000] viene ripresa ed applicata ai terremoti in esame. Le componenti individuate sono:

1. **Predicato:** elemento primario di una descrizione macrosismica (*danneggiare, avvertire, muovere, ...*);
2. **Oggetto:** termine associato al predicato, rappresenta l'oggetto dell'effetto (*edifici, persone, oggetti, ...*);
3. **Quantificatore:** operatore che quantifica l'oggetto (*molti, pochi, la maggior parte, ...*);
4. **Specificatore:** termine che descrive le caratteristiche dell'oggetto (*edifici in pietra, persone in piedi, oggetti piccoli*);
5. **Modificatore:** modifica il significato del predicato (*scossa forte, danneggiati molto, lesioni leggere, ...*)

Il concetto alla base di questa operazione è molto simile a quello sul trattamento delle variabili linguistiche nella logica *fuzzy* (**paragrafo 2.3.3**). Anche in questo caso un effetto macrosismico

¹ Sono stati considerati per la stima finale dell'intensità anche risentimenti non presenti a stretto rigore sulla scala macrosismica. Questi tuttavia sono talvolta le sole descrizioni utili presenti e l'alternativa al loro "non-utilizzo" sarebbe la perdita di informazione fino anche all'impossibilità di assegnazione di una intensità. Questo problema, noto come ambiguità interpretativa, è stato trattato nel capitolo 1 (cui si rimanda per dettagli, così come, per approfondimenti ulteriori, si rimanda ai lavori di *Ferrari et al.* [1995] e *Vannucci et al.* [1996, 1999]).

(variabile linguistica) è formato dalla concatenazione di termini semplici (le cinque componenti logico sintattiche). Rispetto all'approccio classico [Zadeh, 1975a], è stato aggiunto il termine *specificatore* per premettere un'analisi più dettagliata dell'*oggetto* colpito dal terremoto. Ogni descrizione macrosismica può essere definita attraverso la quintupla $\{x, T(x), U, G, M\}$ [Zadeh, 1975b, 1975c], dove:

- a) il nome della variabile linguistica (x) è l'*effetto del terremoto*;
- b) l'insieme dei nomi per x è $T(x) = (\text{danni, crolli, ...})$;
- c) l'universo del discorso è rappresentato dai gradi della Scala Macrosismica (MCS), $U = [I, XII]$;
- d) la regola sintattica (G) che genera i nomi si ottiene applicando ai predicati i modificatori linguistici (*molto, poco, totalmente, ...*) e agli oggetti i quantificatori (*la maggior parte, alcuni, numerosi, ...*) e gli specificatori (*in legno, in quiete, ...*);
- e) la regola semantica M non è altro che la metodologia utilizzata per associare a ciascun effetto una funzione di *membership* che quantifichi il grado di appartenenza dell'effetto agli elementi dell'universo del discorso (U), ovvero ai gradi della Scala.

La scomposizione nelle cinque componenti produce come risultato una matrice in cui le righe rappresentano gli effetti del terremoto e le colonne le componenti logico sintattiche (**tab. 1**). Come si nota dalla tabella, una descrizione macrosismica del tipo "*tremolio forte di alcuni piccoli oggetti*" viene suddivisa in "*alcuni* (quantificatore) - *oggetti* (oggetto) - *piccoli* (specificatore) - *tremolio* (predicato) - *forte* (modificatore)". L'informazione macrosismica di base è costituita dall'associazione oggetto-predicato (edifici/danneggiare, persone/avvertire, ...); si raggiunge un dettaglio maggiore quando

sono presenti il quantificatore, lo specificatore e il modificatore (**molti/edifici/in pietra/danneggiare/gravemente, ...**).

Quantificatore	Oggetto/Soggetto	Specificatore	Soggetto	Modificatore
...
Poche	case	-	danneggiare	-
Alcuni	oggetti	piccoli	tremolio	forte
Molte	persone	-	avvertire	-
...

Tabella 3. 1: suddivisione dell'effetto nelle cinque componenti logico-sintattiche.

Ogni elemento di ogni componente logico/sintattica viene associato ad un codice alfanumerico di due caratteri. Il risultato finale è, per un effetto macrosismico, una sequenza alfanumerica in dieci caratteri, utilizzabile per le successive elaborazioni.

Gli effetti macrosismici, scomposti nelle cinque componenti logico-sintattiche e suddivisi sia per località che per fonte storica, sono inseriti in un database MS-Excel[®]. Ogni singolo terremoto analizzato è strutturato su uno specifico database (*Codifica(nome).xls*) con una comune struttura di 5 fogli di lavoro:

- **Codifica**
- **Bibnew**
- **Intensità catalogo**
- **Omonimie**
- **Calcoli**

Il foglio di lavoro Codifica (**fig. 3.1**) è predisposto per l'inserimento dei dati da elaborare e per la visualizzazione dei risultati. Partendo dall'analisi di un documento storico, si inserisce il nome della località colpita come riportato sulla fonte nella colonna "C" (**fig. 3.1 a**) mentre in colonna "D" viene riportato il nome ufficiale della località, eventualmente corretto in base alla toponomastica attuale (ad esempio, "Aquilonia" nella colonna "C" ed "Aquilonia Vecchia" nella colonna "D"); il codice della fonte (assegnato dall'operatore) è inserito nella colonna "H" (**fig. 3.1 a**) e

la descrizione dell'effetto, divisa nelle cinque componenti logico-sintattiche, nelle colonne "J" (quantificatore), "K" (oggetto), "L"(specificatore), "M" (predicato) ed "N" (modificatore) (**fig. 3.1 a**).

L'elaborazione dei dati avviene attraverso l'utilizzo delle seguenti *macro* di MS-Excel[®]:

1. **Codifica I ("codifica primaria")**: associa ad ogni componente logico-sintattica un codice alfanumerico di due caratteri ("02", "3b", "aa", ...); il risultato è un codice alfanumerico di 10 caratteri visualizzato nella colonna "T" (**fig. 3.1 b**);
2. **Codifica II ("codifica secondaria")**: modifica il codice alfanumerico di due caratteri laddove siano presenti termini inseriti tra parentesi (**fig. 3.1 a**, colonna "J"); tali termini rappresentano una prima interpretazione fornita dall'operatore; è possibile, ad esempio, fornire la percentuale di case danneggiate e crollate, avendo a disposizione il numero stimato di edifici presenti nella località nell'anno in cui è avvenuto l'evento sismico; il risultato di tale codifica è inserito nella colonna "V" (**fig. 3.1 b**);
3. **Regole**: equipara, assegnando lo stesso codice alfanumerico, gli effetti e le singole componenti logico sintattiche che presentano un contenuto analogo ("case" ed "edifici", "danni" e "lesioni", ...); il risultato è inserito nella colonna "X" (**fig. 3.1 b**); questa operazione rappresenta il tentativo di riprodurre il metodo utilizzato dall'esperto macrosismico, di rendere omogenea quell'informazione costituita da termini non uniformi ma, sostanzialmente, aventi lo stesso significato;
4. **Filtri**: associa un codice nullo in 10 caratteri ("zzzzzzzzzz") agli effetti non considerati utili ai fini della

procedura (effetti su singoli edifici, numero di morti e feriti, ...); il risultato è inserito nella colonna “Z” (**fig. 3.1 b**);

5. **Da Codici a Parole:** converte il codice alfanumerico finale in parole; ciò permette all’operatore di verificare, in tempo reale, la corrispondenza tra l’effetto codificato ed interpretato (punti 1-4) e quello iniziale; il risultato è visualizzato nelle colonne da “AB” ad “AF” (**fig. 3.1 b**);
6. **NLOC:** associa ad ogni località un codice numerico identificativo, ricavato da una versione aggiornata e modificata [Ercolani, 2004] del database ENEL NLOC.idx. Il codice viene riportato in colonna “A” del foglio di lavoro “Codifica” (**fig.3.1 a**). Effetti su particolari soggetti (danni a singoli edifici, a quartieri, a zone territoriali estese,...), possono essere codificati con un codice *nloc* indicante “l’oggetto” del danno (“T” per i danni su un territorio esteso, “Z” per i danni a singole zone o quartieri, “V” per i danni a strade o piazze, “S” per i danni a singoli edifici), seguita da un numero di riferimento univoco e un ulteriore simbolo che identifica il terremoto preso in esame (ad esempio “i” per Irpinia, 1930). Per tali punti (edifici, vie, rioni, ...) viene riportata una descrizione testuale (ad esempio “Chiesa”) nella colonna “B” (**fig. 3.1 a**). L’utilità di questa procedura è quella di poter effettuare un’eventuale zonazione all’interno di ogni sito, anche se in questa tesi tale analisi non è stata eseguita. Per eventuali descrizioni di effetti macrosismici relativi ad *aftershock* o a *foreshock*, lo “0” iniziale del codice *nloc* è sostituito con la lettera “A” o “F” rispettivamente.

7. **Latitudine/Longitudine:** associa ad ogni località le proprie coordinate geografiche, riportandole nelle colonne “E” ed “F” del foglio di lavoro “Codifica” (**fig. 3.1 a**);
8. **Omonimie:** analizza le eventuali omonimie della località descritta nella fonte;
9. **Intensità catalogo:** associa ad ogni località il valore di intensità macrosismica presente su un catalogo macrosismico² di riferimento (nel nostro caso *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia*, CFTI 3, [Boschi et al., 2000]); il risultato di questa operazione è visualizzato nella colonna “G” del foglio di lavoro “Codifica”.
10. **Peso Fonte:** associa un valore numerico reale, deciso a priori dall’operatore, compreso tra 0 ed 1 (inserito nella colonna “I”, **fig. 3.1 a**) alla fonte che riporta la descrizione dell’effetto. Tale valore quantifica l’attendibilità della fonte; il peso fonte viene riportato nella colonna “I” del foglio di lavoro “Codifica”.

Ogni macro è attivata da un pulsante presente all’interno del foglio di lavoro. Le prime cinque macro ricavano l’informazione dal file *Codifica.xls*, costituito da sei fogli di lavoro contenenti rispettivamente le cinque componenti logico-sintattiche con i codici ad esse associate e le regole di interpretazione. Le macro 6 e 7 prendono l’informazione dal file *NLOC.xls*, un database ENEL, recentemente aggiornato [Ercolani, 2004], contenente il codice numerico identificativo e le coordinate geografiche di oltre 70.000 località italiane. Le ultime macro, infine, scambiano informazioni con gli altri fogli di lavoro presenti all’interno del file del terremoto in esame (*Codifica(nome).xls*).

² Il catalogo macrosismico è uno strumento di raccolta e classificazione di dati (tempo origine, localizzazione epicentrale, magnitudo, ...) relativi a terremoti storici.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	NLOC		LOCALITA' FONTE	LOCALITA'	LAT	LONG	Intensità	FONTE	PESO	Q.	O.	SP.	S.FP.	M.
2	06201800		Accadia	Accadia	41.1500	15.3336	0	611537	0.0	-	-	-	dann	gravi
3	06201800		Accadis	Accadis	41.1500	15.3336	0	611537	0.0	-	morti	-	esserci	-
4	06201800		Accadia	Accadia	41.1500	15.3336	0	611503	10	34(15)	morti	-	esserci	-
5	06201800		Accadis	Accadis	41.1500	15.3336	0	611503	10	circ 400(8)	feriti	-	esserci	-
6	06201800		Accadia	Accadia	41.1500	15.3336	0	611503	10	100(23)	feriti	-	esserci	gravi
7	06201800		Accadis	Accadis	41.1500	15.3336	0	611503	10	circ 100(15)	esse	-	crostate	-
8	06201800		Accadia	Accadia	41.1500	15.3336	0	611503	10	recta	abitato	-	lesionato	notevolment
9	06201800		Accadis	Accadis	41.1500	15.3336	0	611503	10	-	fabbricati	-	pericolabi	-
10	06201800		Accadis	Accadis	41.1500	15.3336	0	611503	10	-	leso	-	senza lesio	-
11	06201800	a	Accadis	Accadis	41.1500	15.3336	0	611534	10	34(pochissimi)	morti	-	esserci	-
12	06201800		Accadis	Accadis	41.1500	15.3336	0	611534	10	400(8)	feriti	-	esserci	-
13	06201800		Accadis	Accadis	41.1500	15.3336	0	611534	10	100(23)	feriti	-	esserci	gravi
14	06201800		Accadis	Accadis	41.1500	15.3336	0	611534	10	quasi intant	(passa)	-	distratte	-
15	06201800		Accadis	Accadis	41.1500	15.3336	0	611534	10	(quasi batta)	case	-	crostate	(gravemente
16	16201800		Accadis	Accadis	0,0000	0,0000	0	611724	10	-	-	-	cessa	3/4vinto fer
17	16201800		Accadis	Accadis	0,0000	0,0000	0	611724	10	lo	popolazione	-	parico	molto
18	16201800		Accadis	Accadis	0,0000	0,0000	0	611724	10	-	-	-	distro	molto
19	16201800		Accadis	Accadis	0,0000	0,0000	0	611724	10	qualche	volta	pericolante	crodo	-
20	S 1 62	chissa	Accadia	Accadia	0,0000	0,0000	0	611724	10	qualche	volta	pericolante	crodo	-
21	06201800		Accadia	Accadia	41.1500	15.3336	0	611728	10	34(15)	morti	-	esserci	-

	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
1	CODICE		CODICE*		REGOLE		FILTRI		Q.**	O.**	Sp.**	S.FP.**	M**	
2	0101013337		0101013337		01010133-4		01010133-4		-	-	-	dateggiare	D / Accrescibili	
3	0105010501		0105010501		0105010501		0000000000		0	0	0	0	0	0
4	0405010501		0405010501		0405010501		0000000000		0	0	0	0	0	0
5	0604010501		0604010501		0604010501		0000000000		0	0	0	0	0	0
6	1104010537		0204010537		06040105-4		0000000000		0	0	0	0	0	0
7	162018001		0962018001		060301450		060301450		pochi	edifici	-	cadere	-	
8	0226013743		0226013743		06030133-4		06030133-4		tutti	edifici	-	dateggiare	D / Accrescibili	
9	0165016301		0165016301		0165016301		0165016301		-	edifici	-	particolati	-	
10	0162016201		0162016201		0162016201		0162016201		-	edifici	-	inagibili	-	
11	0405010501		0405010501		0405010501		0000000000		0	0	0	0	0	0
12	0604010501		0604010501		0604010501		0000000000		0	0	0	0	0	0
13	1104010537		0204010537		06040105-4		0000000000		0	0	0	0	0	0
14	0101013337		0101013337		01010133-4		01010133-4		tutti	edifici	-	distruggere	F / Sgarsi,Accel	
15	0162016201		0162016201		01620162-4		01620162-4		quasi tutti	edifici	-	dateggiare	D / Accrescibili	
16	0101013337		0101013337		01010133-4		01010133-4		0	0	0	0	0	0
17	0306012110		0306012110		03060121-4		0000000000		0	0	0	0	0	0
18	0101013302		0101013302		0101013302		0000000000		0	0	0	0	0	0
19	0253005001		0253005001		0253005001		0000000000		0	0	0	0	0	0
20	0253005001		0253005001		0253005001		0000000000		0	0	0	0	0	0
21	0405010501		0405010501		0405010501		0000000000		0	0	0	0	0	0

Figura 3. 1: Sezioni del foglio di lavoro “Codifica”; le colonne in verde contengono i dati di ingresso (località, codice fonte, effetto scomposto nelle cinque componenti logico/sintattiche), le colonne color arancio contengono i dati di output ottenuti con l’applicazione delle macro. **a)** colonna “A”: codice nloc; colonna “B”: eventuali descrizioni di edifici singoli; colonne “C” e “D”: rispettivamente nome della località riportato nella fonte e nome ufficiale; colonne “E” ed “F”: latitudine e longitudine; colonna “G”: intensità del catalogo; colonne “H” ed “I”: codice della fonte e peso della stessa; colonne da “J” ad “N”: effetto diviso nelle cinque componenti logico/sintattiche. **b)** colonna “T”: codice alfanumerico ottenuto con la “Codifica I”; colonna “V”: codice alfanumerico ottenuto con la “Codifica II”; colonna “X”: codice ottenuto dall’applicazione delle “regole”; colonna “Z”: applicazione dei filtri; colonne da “AB” ad “AF”: conversione dei codici finali in testo.

Nel foglio di lavoro **Bibnew** (fig. 3.2) sono riportati i codici delle fonti storiche con la descrizione delle stesse ed un peso (valore reale compreso tra 0 ed 1) che ne quantifica l’attendibilità. Il peso viene scelto dall’operatore in base alla tipologia della fonte. Valori elevati del peso sono stati attribuiti a cartoline macrosismiche, a perizie effettuate da persone competenti in materia e a memorie di studiosi, mentre, generalmente, valori più bassi ai giornali. Per questi ultimi, inoltre, l’attendibilità ha, empiricamente, un andamento non monotono, in relazione alla distanza temporale dall’evento: crescente nei giorni immediatamente successivi, man mano che l’emotività e la paura per il disastro avvenuto lasciano il posto ad una visione più

razionale dell'accaduto, e decrescente nel momento in cui ci si allontana dall'evento e s'inizia a dargli meno importanza (come spesso accade per i terremoti e per altri disastri naturali).

	A	B	C	D
1	CODICE	PESO	FORTE	DATA
2	900023	1.0	Telegramma al sottosegretario di San Severo, Archivio di Stato di Foggia	13/01/15
3	900169	0.3	il Foglietto	16/01/15
4	110084	1.0	il Terremoto (numero unico, stampa)	1915
5	150317	0.3	La Provincia Pavese	14/01/15
6	160038	1.0	notizie geodinamiche dell'ateneo di Brescia per l'anno 1915	1915
7	350089	1.0	I terremoti lucchesi (Guidi P.)	1915
8	080142	1.0	registri meteorologici dell'osservatorio meteor. del seminario vescovile di Tortona, dall'anno 1870 all'anno 1954.	-
9	070178	1.0	Il Volturmo	31/01/15
10	000095	1.0	Bollettino bimensuale del comitato direttivo della società meteorologica italiana serie III vol. XXXIV	1915
11	030167	1.0	ricerche su i terremoti avvenuti in terra d'Otranto dal 1895 al 1915 in "Memorie della pontificia accademia romana dei	1916
12	070172	0.3	La Nazione	14/01/15
13	420240	0.3	Gazzetta di Parma	14/01/15
14	096018	1.0	rivista mensile del touring club italiano	1915
15	096000	1.0	Il terremoto in Abruzzo (Cena G.)	1915
16	146383	1.0	relazione del Dr. Riccardo Avanzi sulla missione a Magliano dei Marsi da 23 gennaio a 30 marzo	1915
17	146472	1.0	bollettino dell'associazione italiana delle industrie dello zucchero e dell'alcool, a. VIII, n°2, Maggio 1915	1915
18	146355	1.0	bollettino dell'accademia Gioenia di Scienze Naturali in Catania	1915
19	146349	1.0	Ambrosini et al., 1986	1986
20	146350	1.0	Molin et al., 1986	1986
21	146375	1.0	Manfredini A., 1915	1915
22	146378	1.0	Archivio dell'osservatorio Ximeniano. Appunti dattiloscritti di Padre G. Alfano sul terremoto di Avezzano del 13 gen.	1915
23	096008	1.0	Lotti B. bollettino della società sismologica italiana	1915
24	096013	1.0	Molin e Guidoboni, I terremoti prima del Mille in Italia e nell'area mediterranea	1989

Figura 3. 2: Foglio di lavoro "Bibnew". Nella colonna "A" è inserito il codice della fonte, nella colonna "C" la descrizione, nella "D" la data e nella "B" il peso associato alla fonte.

Nel foglio **Intensità catalogo** sono inserite le intensità, per singola località, dedotte dal CFTI 3 [Boschi et al., 2000].

Nel foglio di lavoro **Omonimie** (**fig. 3.3**) sono analizzati i casi di omonimia delle località colpite dal terremoto, al fine di poter stabilire l'esatta localizzazione del dato in esame. Come si vede da **figura 3.3 a**, le località colpite dal terremoto sono inserite nel foglio di lavoro "Omonimie" (colonna "A"). Ad ogni località sono associati il codice NLOC (colonna "B"), le coordinate geografiche (colonne "C" e "D") ed il numero di presenze nel database NLOC.xls (colonna "E"). Premendo il tasto "Visualizza omonimie", le località omonime vengono inserite (**fig. 3.3 b**) nella colonna "G", il codice NLOC e le coordinate geografiche nelle colonne "H", "I" e "J".

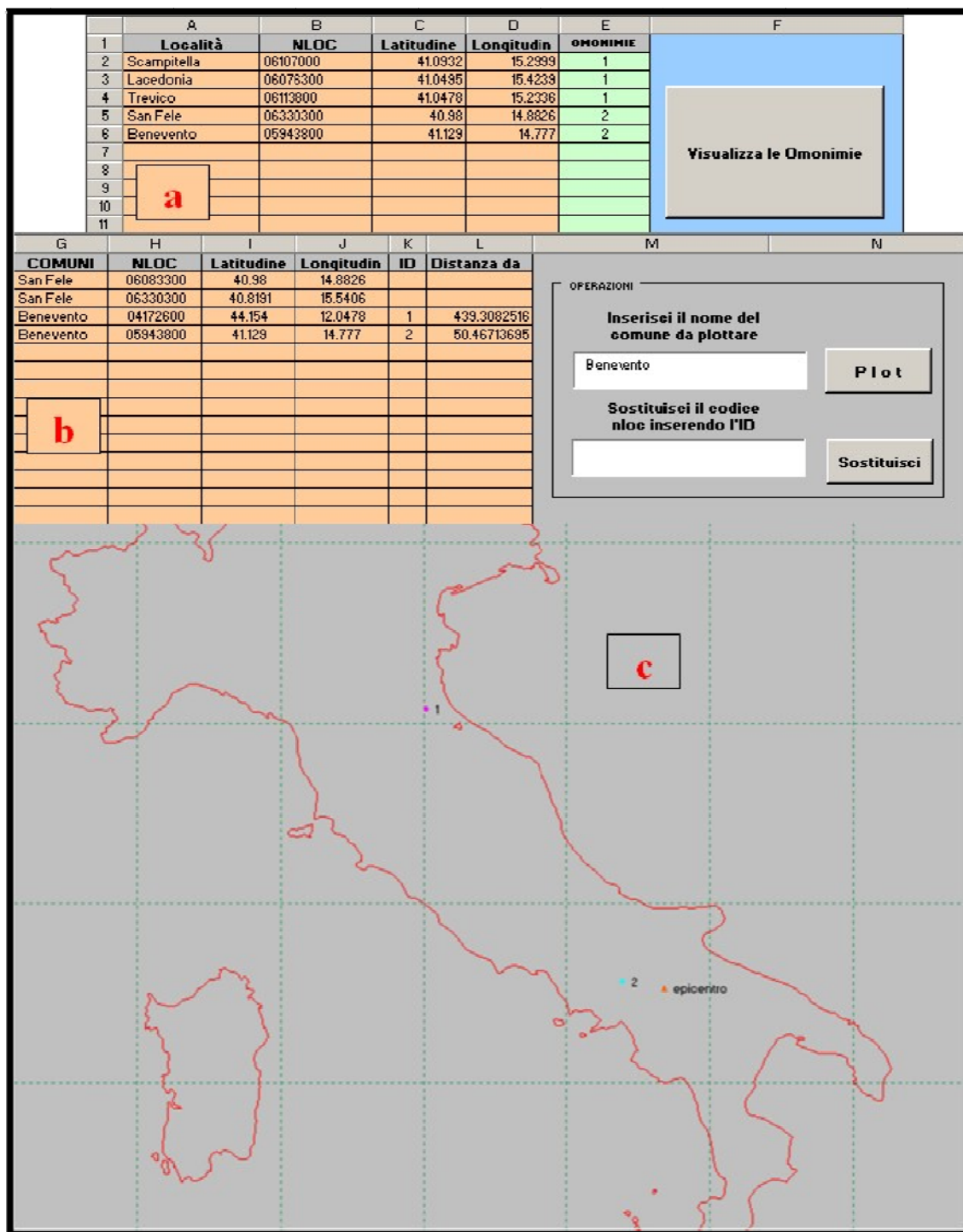


Figura 3. 3: alcune sezioni del foglio di lavoro “Omonimie”. *a)* Località con codice NLOC, coordinate geografiche e numero di omonimie; *b)* località omonime con rispettivi codici NLOC e coordinate geografiche; *c)* grafico dove vengono visualizzate le località omonime identificate da un codice numerico (ID, figura 3.3 b).

A questo punto, per poter effettuare un’adeguata scelta della località descritta nella fonte storica, si possono mappare le località

omonime (**fig. 3.3 c**) a cui viene associato un codice numerico (ID, colonna “K”, **fig. 3.3 b**) e la distanza dall’epicentro macrosismico (colonna “L”, **fig. 3.3 b**). Con queste informazioni è in genere possibile scegliere la località più probabile e, inserendo l’ID della località nella casella di testo predisposta (**fig. 3.3 b**), sostituire il codice NLOC nel database di partenza.

Nel foglio di lavoro **Calcoli**, infine, sono inserite gran parte delle formule utilizzate per i calcoli effettuati con le macro.

Una volta analizzati tutti i dati ed effettuate tutte le operazioni si costruisce l’input da elaborare con il programma di calcolo Matlab[®], attraverso una macro che crea un nuovo foglio di lavoro (**Input_Matlab**) in cui vengono inseriti i dati utili per la procedura di assegnazione dell’intensità macrosismica, ovvero i codici alfanumerici finali degli effetti divisi per località e per fonti storiche. Ad ogni località sono associati anche il codice nloc e le coordinate geografiche, e ad ogni fonte è associato il corrispettivo peso.

3.3 Elaborazione dei dati codificati con algoritmi basati sui principi della *Fuzzy Sets Theory*

3.3.1 Introduzione

La procedura di stima dell’intensità macrosismica di un terremoto viene trattata con un approccio metodologico basato sulla Teoria dei *Fuzzy Sets* [Zadeh, 1965]. Il concetto base di questa teoria è quello di *membership function*, generalizzazione della funzione caratteristica della teoria classica degli insiemi. Un insieme tradizionale è definito

da una funzione caratteristica che specifica se un dato elemento appartiene o no all'insieme. Tale funzione può assumere due valori: 1 (vero) se l'elemento appartiene all'insieme, 0 (falso) se non vi appartiene. Nella *Fuzzy Set Theory*, invece, un insieme *fuzzy* (A) è definito da una funzione di *membership* (μ_A) che determina il grado di appartenenza di un dato elemento (x) all'insieme ($\mu_A(x)$), espresso con valori numerici reali compresi tra 0 ed 1. Tale concetto può essere applicato [Ferrari et al., 1995, Vannucci et al., 1999; 2000] al problema della stima dell'intensità macrosismica, considerando i gradi di intensità della Scala macrosismica come degli insiemi *fuzzy* e determinando per ogni effetto la funzione di *membership*, che ne quantifica l'appartenenza ad ogni grado della Scala (**fig. 3.4**).

3.3.2 Membership Function

Uno dei problemi da affrontare è la scelta del criterio per l'assegnazione della *membership*. In letteratura vengono descritti due approcci:

- a) Soggettivo;
- b) Empirico.

Alcuni autori, come Zadeh [1965], Yager [1977], Zebda [1984], sono propensi all'utilizzo di un criterio soggettivo per la scelta della funzione di appartenenza. Al contrario altri autori [Watanabe, 1978; Watson et al., 1979] criticano l'impostazione soggettivistica preferendole un metodo più rigoroso ed oggettivo (criterio empirico).

Come per i precedenti lavori [Ferrari et al., 1995, Vannucci et al., 1999; 2000] per definire le funzioni di *membership* è stato adottato un approccio empirico, rivelatosi più idoneo per la stima dell'intensità [Ferrari et al., 1995]: l'appartenenza di una descrizione macrosismica ad un grado della Scala viene ricavata dai

dati di intensità stimati dall'esperto. La procedura può essere riassunta in questo modo:

1. calcolo delle *membership* dei singoli effetti (E), sulla base della loro occorrenza nei diversi gradi di intensità (I) precedentemente stimati dall'esperto (CFTI 3) [Vannucci et al., 1999, 2000], attraverso tre criteri distinti di pesatura in funzione del numero di località a cui è stato assegnato quel determinato grado di intensità:
 - 1.1. nessun peso (**tipo 1**)
 - 1.2. peso inversamente proporzionale al numero di località (**tipo 2**);
 - 1.3. peso inversamente proporzionale alla radice quadrata del numero di località (**tipo 3**);

$$\mu_{E_j}(I_i) = \begin{cases} O_{ij} & \text{tipo 1} & (3.1) \\ O_{ij}/N_i & \text{tipo 2} & (3.2) \\ O_{ij}/\sqrt{N_i} & \text{tipo 3} & (3.3) \end{cases}$$

Dove I_i (con $i = 1, \dots, m$) è l' i -esimo grado di intensità, E_j (con $j = 1, \dots, n$) è il j -esimo effetto, O_{ij} è l'occorrenza del j -esimo effetto calcolata per l' i -esimo grado di intensità ed N_i è il numero di località a cui è stato assegnato il grado di intensità i -esimo.

2. normalizzazione delle *membership* (dividendo ogni valore per il valore massimo) al fine di rendere gli effetti tra loro commensurabili³;
3. smussamento delle *membership* eliminando vuoti e picchi locali, dovuti a incompletezza dell'informazione, per far sì che la funzione sia strettamente crescente e/o decrescente rispetto all'occorrenza più elevata.

Analizzando più terremoti, per il calcolo finale dell'intensità è possibile utilizzare funzioni di *membership* costruite con i dati del

³ Condizione necessaria per l'applicazione dei metodi decisionali multi attributo.

singolo terremoto in esame (*membership proprie*) e con quelli di tutti i terremoti (*membership unite*).

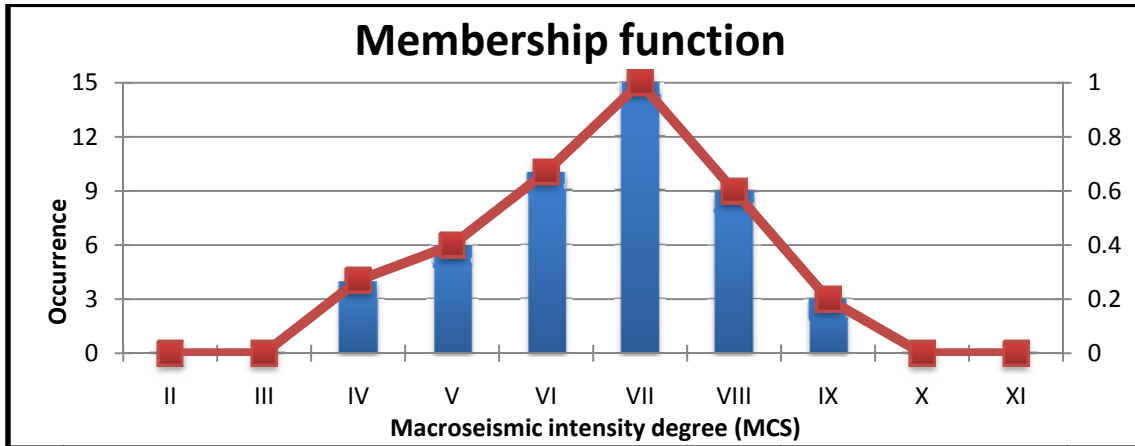


Figura 3. 4: esempio di *membership function* di un effetto macrosismico.

3.4 Stima dell'intensità macrosismica fuzzy

3.4.1 Algoritmi decisionali

Costruite le *membership*, si procede alla stima delle intensità macrosismiche mediante l'utilizzo di metodi decisionali multi attributo (MADM, *Chen e Hwang*, 1992). Tali metodi si basano sulla scelta di un'alternativa tra diverse altre, prendendo in considerazione determinati attributi (caratteristiche). Un problema multi attributo può essere espresso sinteticamente attraverso una matrice decisionale:

$$D_{ij} = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \cdots & X_n \\ A_1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ A_2 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{matrix} \quad (3.4)$$

Dove A_i (con $i = 1, \dots, m$) sono le alternative e X_j (con $j = 1, \dots, n$) sono gli attributi. Il processo decisionale si compone essenzialmente di due momenti principali:

1. per ogni alternativa (A_i), si aggregano i valori degli attributi (x_{ij}), ottenendo come risultato una funzione (vettore) di aggregazione ($D(A_i) = @_j D_{ij}$);
2. si sceglie l'alternativa che rappresenta la decisione migliore tra le alternative disponibili ($D(A^*)$).

Nel nostro caso le alternative sono i gradi di intensità della Scala MCS e gli attributi sono gli effetti riscontrati in una data località. I valori (x_{ij}) di ogni singolo attributo (X_j , effetto) per le diverse alternative (A_i , intensità) sono rappresentati dalla funzione di *membership* ($\mu_{X_j}(A_i)$), che indica quanto l'alternativa A_i soddisfa l'attributo X_j .

Il primo metodo ad essere stato adoperato in questo campo [Ferrari et al., 1995, Vannucci et al., 1999; 2000] è il “maximin” [Bellman e Zadeh, 1970; Yager, 1978]; un metodo decisionale multi attributo *fuzzy* (FMADM, **capitolo 2**). Seguendo la classificazione adottata da Chen e Hwang [1992] (**fig. 3.5**), si può facilmente intuire come sia l'unico metodo adatto al problema della stima dell'intensità per due motivi. Il primo è che il numero di attributi (effetti osservabili in una singola località) può superare facilmente la decina; il secondo è che il valore degli attributi per ogni alternativa è un dato *fuzzy* in forma di singleton, ovvero un numero reale compreso tra 0 ed 1. Secondo alcuni autori [Hannan, 1983; Chen e Hwang, 1992], proprio perché i dati trattati sono numeri reali, per la scelta dell'alternativa migliore si possono utilizzare anche i metodi MADM classici. Questa considerazione ha permesso di introdurre in questo lavoro, adattandoli opportunamente, altri metodi decisionali. Dopo una serie di test, sono risultati più idonei il metodo del *Centroide* [Bonarini, 2003], la “procedura *Hurwicz* [Hurwicz, 1951], il *Simple Additive Weighting method* (SAW) [Hwang e Yoon, 1981], il

Weighted Product Method (WPM) [Easton, 1973] e il *Technique for Order Preferences by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)* [Hwang e Yoon, 1981].

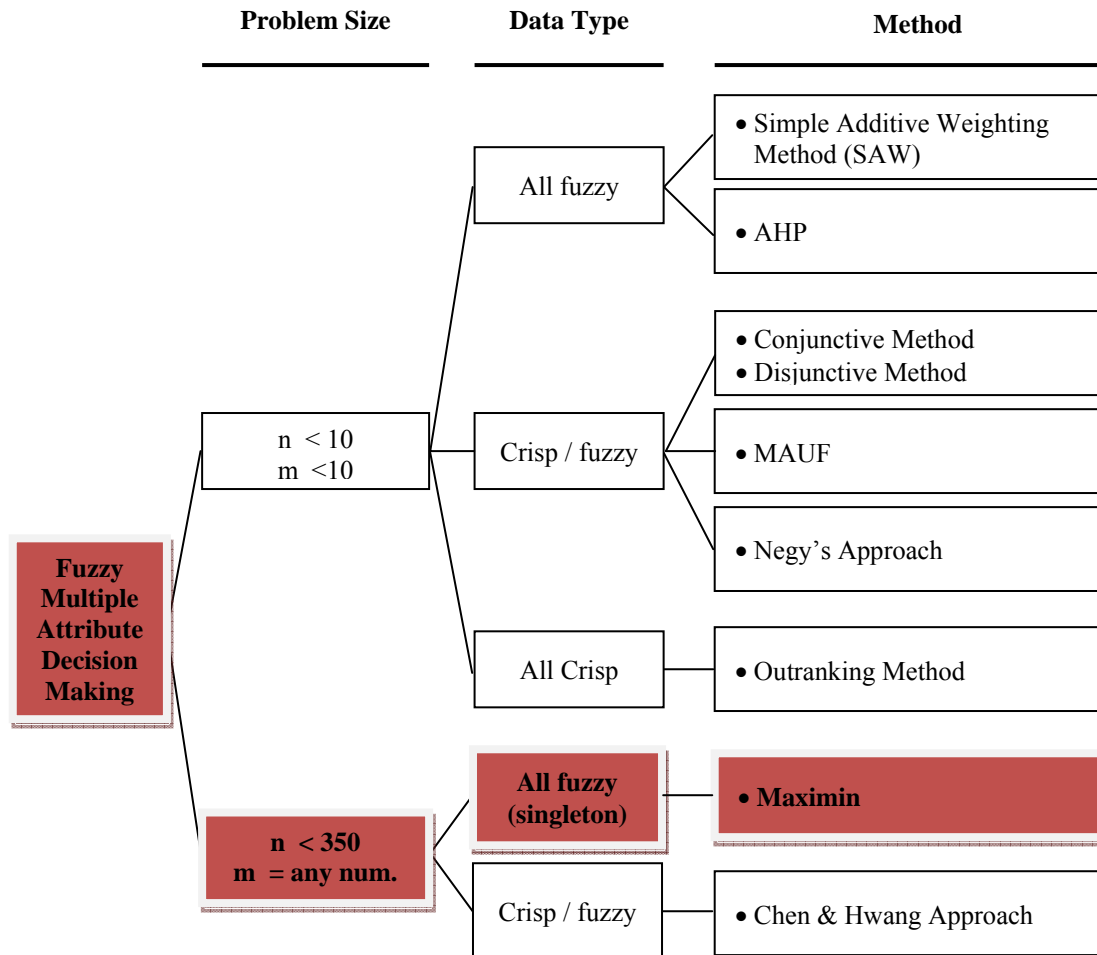


Figura 3. 5: classificazione dei metodi multi attributo *fuzzy* [da Chen e Hwang; 1992],

3.4.1.1 Maximin e Centroide

L'aggregazione delle *membership function* di tutti gli attributi viene stimata con il minimo valore delle funzioni per ogni alternativa. La soluzione migliore è l'alternativa corrispondente al valore massimo della funzione di aggregazione.

$$D(A^*) = \max_i \left\{ \min_j \left[\mu_{X_j}(A_i)^{W_j} \right] \right\} \quad (i = 1, \dots, n \text{ e } j = 1, \dots, m) \quad (3.5)$$

In sostanza, per ogni alternativa si calcola l'intersezione tra i valori di appartenenza di ogni attributo [Bellman e Zadeh, 1970]

$$D(A_i) = \mu_{X_1}(A_i) \cap \mu_{X_2}(A_i) \cap \dots \cap \mu_{X_n}(A_i) \quad (i = 1, \dots, n) \quad (3.6)$$

E la soluzione più appropriata è data da

$$D(A^*) = \max_i D(A_i) \quad (i = 1, \dots, n \text{ e } j = 1, \dots, m) \quad (3.7)$$

Un'estensione di questo metodo è fornita da Yager [1978], che introduce per ogni attributo un valore numerico indicante l'importanza (peso) che l'attributo ha per il decisore. Tale valore (W_j) può essere calcolato in vari modi o fornito direttamente dall'operatore. L'alternativa migliore viene dunque calcolata da

$$D(A^*) = \max_i \left\{ \min_j \left[\mu_{X_j}(A_i)^{W_j} \right] \right\} \quad (i = 1, \dots, n \text{ e } j = 1, \dots, m) \quad (3.8)$$

Il metodo del Maximin è di facile utilizzo ma sfrutta solo una piccola parte dell'informazione [Chen e Hwang, 1992].

Maximin	n. 1	n. 2	n. 3	n. 4	n. 5	$D(A_i)$
II	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
III	0.17	0.36	0.19	0.00	0.00	0.00
IV	0.69	0.36	0.64	0.43	0.05	0.05
V	1.00	1.00	1.00	1.00	0.24	0.24
VI	0.76	0.3	0.28	0.85	1.00	0.28
VII	0.40	0.00	0.12	0.41	0.42	0.00
VIII	0.40	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00
IX	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
XI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabella 3. 2: esempio ideale del metodo decisionale Maximin.

Una variante di questo metodo è determinare l'alternativa migliore utilizzando come *defuzzyficatore* il **baricentro (Centroide)** della funzione di aggregazione [Bonarini, 2003] anziché il massimo. La decisione dell'alternativa migliore è data da:

$$D(A^*) = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot \min_j [\mu_{X_j}(A_i)^{W_j}]}{\sum_{i=1}^n \min_j [\mu_{X_j}(A_i)^{W_j}]} \quad (i = 1, \dots, n \text{ e } j = 1, \dots, m) \quad (3.9)$$

Centroide	n. 1	n. 2	n. 3	n. 4	n. 5	$D(A_i)$
II	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
III	0.17	0.36	0.19	0.00	0.00	0.00
IV	0.69	0.36	0.64	0.43	0.05	0.05
V	1.00	1.00	1.00	1.00	0.24	0.24
VI	0.76	0.30	0.28	0.85	1.00	0.28
VII	0.40	0.00	0.12	0.41	0.42	0.00
VIII	0.40	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00
IX	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
XI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabella 3. 3: esempio ideale del metodo decisionale Centroide.

3.4.1.2 Procedura Hurwicz

La procedura di Hurwicz è un compromesso tra il metodo del Maximin e quello del Maximax⁴:

$$D(A^*) = \max_i \left\{ \alpha \cdot \min_j [\mu_{X_j}(A_i)^{W_j}] + (1 - \alpha) \cdot \max_j [\mu_{X_j}(A_i)^{W_j}] \right\} \\ (i = 1, \dots, n \text{ e } j = 1, \dots, m) \quad (3.10)$$

con W_j = peso degli attributi e $0 \leq \alpha \leq 1$. Nel presente lavoro α è stato scelto pari a 0.5.

⁴ Nel Maximax la funzione di aggregazione è stimata con i valori massimi degli attributi per ogni alternativa (approccio ottimistico).

Il parametro α è quello che in economia viene chiamato coefficiente di rischio. Per la decisione si prendono in considerazione la situazione più favorevole (cui si assegna un “coefficiente di ottimismo”, $1 - \alpha$) e quello meno favorevole (cui si assegna un “coefficiente di pessimismo”, α). Naturalmente la somma dei due coefficienti deve essere uguale ad uno. Nei due casi estremi, se considero il rischio massimo (α pari ad 1) adotto un approccio pessimistico (Maximin), se lo considero nullo (α pari a 0) adotto un approccio ottimistico (Maximax).

Questo criterio, come è evidente, consente di superare i punti critici del Maximin e del Maximax.

Hurwicz	n. 1	n. 2	n. 3	n. 4	n. 5	$D(A_i)$
II	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.05
III	0.17	0.36	0.19	0.00	0.00	0.18
IV	0.69	0.36	0.64	0.43	0.05	0.37
V	1.00	1.00	1.00	1.00	0.24	0.62
VI	0.76	0.30	0.28	0.85	1.00	0.64
VII	0.40	0.00	0.12	0.41	0.42	0.21
VIII	0.40	0.00	0.00	0.00	0.30	0.20
IX	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
XI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabella 3. 4: esempio ideale del metodo decisionale Hurwicz; $\alpha = 0.5$.

3.4.1.3 Simple Additive Weighting method (SAW)

Il valore complessivo di ogni alternativa è stimato come la somma pesata dei valori degli attributi e l'alternativa migliore è quella con il punteggio massimo [Hwang e Yoon, 1981]. In sostanza, la funzione di aggregazione è data da:

$$D(A_i) = \sum_{j=1}^m \left(W_j \cdot \mu_{X_j}(A_i) \right) \quad (i = 1, \dots, n \text{ e } j = 1, \dots, m) \quad (3.11)$$

con W_j = peso degli attributi. E il risultato finale è stimato in questo modo:

$$D(A^*) = \max_i D(A_i) \quad (i = 1, \dots, n \text{ e } j = 1, \dots, m) \quad (3.12)$$

SAW	n. 1	n. 2	n. 3	n. 4	n. 5	$D(A_i)$
II	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10
III	0.17	0.36	0.19	0.00	0.00	0.90
IV	0.69	0.36	0.64	0.43	0.05	2.35
V	1.00	1.00	1.00	1.00	0.24	5.24
VI	0.76	0.30	0.28	0.85	1.00	3.73
VII	0.40	0.00	0.12	0.41	0.42	1.35
VIII	0.40	0.00	0.00	0.00	0.30	0.70
IX	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58
X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
XI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabella 3. 5: esempio ideale del metodo decisionale SAW.

3.4.1.4 Weighted Product Method (WPM)

La funzione di aggregazione è stimata calcolando per ogni alternativa il prodotto pesato dei valori degli attributi [Easton, 1973]:

$$D(A_i) = \prod_{j=1}^m \mu_{X_j}(A_i)^{W_j} \quad (i = 1, \dots, n \text{ e } j = 1, \dots, m) \quad (3.13)$$

con W_j = peso degli attributi. L'alternativa migliore è:

$$D(A^*) = \max_i D(A_i) \quad (i = 1, \dots, n \text{ e } j = 1, \dots, m) \quad (3.14)$$

La logica alla base del WPM è di penalizzare le alternative che presentano valori degli attributi molto bassi [Chen e Hwang, 1992].

WPM	n. 1	n. 2	n. 3	n. 4	n. 5	$D(A_i)$
II	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
III	0.17	0.36	0.19	0.00	0.00	0.00
IV	0.69	0.36	0.64	0.43	0.05	0.001
V	1.00	1.00	1.00	1.00	0.24	0.24
VI	0.76	0.3	0.28	0.85	1.00	0.03
VII	0.40	0.00	0.12	0.41	0.42	0.00
VIII	0.40	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00
IX	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
XI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabella 3. 6: esempio ideale del metodo decisionale WPM.

3.4.1.5 TOPSIS (Technique for Order Preferences by Similarity to Ideal Solution)

L'alternativa scelta deve avere la distanza minore dalla soluzione ideale e la maggiore da quella anti-ideale [Hwang e Yoon, 1981]. Tali soluzioni sono scelte o calcolate dal decisore. Come per gli altri metodi, condizione necessaria è che gli attributi siano tra loro commensurabili. La normalizzazione dei valori degli attributi (dunque la normalizzazione delle *membership*), però, segue una regola precisa [Chen e Hwang, 1992]:

$$D_{ij} = \frac{\mu_{X_j}(A_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m [\mu_{X_j}(A_i)]^2}} \quad (i = 1, \dots, m) \quad (3.15)$$

Normalizzati i valori degli attributi si moltiplica la matrice decisionale (D_{ij}) per il peso degli attributi (W_j)

$$v_{ij} = D_{ij} \cdot W_j \quad (3.16)$$

Si determinano l'alternativa ideale (v_j^+) e quella anti-ideale (v_j^-): in un contesto economico finanziario l'alternativa ideale massimizza i benefici e minimizza i costi, quella anti-ideale minimizza i benefici e massimizza i costi. In caso non ci siano né costi né benefici le suddette alternative si possono calcolare in questo modo:

$$v_j^+ = \max_i(v_{ij}) \quad (3.17)$$

$$v_j^- = \min_i(v_{ij}) \quad (3.18)$$

Successivamente si calcolano le distanze, intese come distanze euclidee, tra le alternative e la soluzione ideale e anti-ideale.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (i = 1, \dots, n) \quad (3.19)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (i = 1, \dots, n) \quad (3.20)$$

La vicinanza relativa alla soluzione ideale è data da

$$C_i^* = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-) \quad (0 \leq C_i^* \leq 1, i = 1, \dots, n) \quad (3.21)$$

L'alternativa migliore è quella che presenta il valore più alto di vicinanza relativa (C_i^*).

TOPSIS	n. 1	n. 2	n. 3	n. 4	n. 5	C_i^*
II	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.017
III	0.17	0.36	0.19	0.00	0.00	0.15
IV	0.69	0.36	0.64	0.43	0.05	0.392
V	1.00	1.00	1.00	1.00	0.24	0.873
VI	0.76	0.3	0.28	0.85	1.00	0.622
VII	0.40	0.00	0.12	0.41	0.42	0.225
VIII	0.40	0.00	0.00	0.00	0.30	0.117
IX	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.097
X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.008
XI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabella 3. 7: esempio ideale del metodo decisionale TOPSIS.

3.4.1.6 Confronto tra i metodi

I metodi decisionali hanno mostrato una certa omogeneità nei risultati. Come si può vedere nell'esempio ideale, mostrato nelle tabelle, la decisione ricade tra il V ed il VI grado. Accade spesso che il grado di intensità sia lo stesso o che comunque presenti piccole differenze.

È possibile, comunque, individuare due principali tipologie di aggregazione delle *membership*, che porta, in alcuni casi, a scelte finali diverse tra loro: i metodi Maximin, Centroide ed Hurwicz, tendono a scartare quelle alternative che hanno anche un solo valore molto basso negli attributi (è il caso del V grado nelle tabelle sopra riportate), mentre il SAW, il WPM ed il TOPSIS scartano quelle alternative che hanno valori tendenzialmente bassi nella maggior parte degli attributi. In sostanza un singolo valore basso per un'alternativa incide molto nei metodi Maximin, Centroide ed Hurwicz, e, se supportato da alti valori negli altri attributi, poco o nulla negli altri metodi.

	$D_{Maximin}$	$D_{Centroide}$	$D_{Hurwicz}$	D_{SAW}	D_{WPM}	D_{TOPSIS}
II	0.00	0.00	0.05	0.10	0.00	0.017
III	0.00	0.00	0.18	0.90	0.00	0.15
IV	0.05	0.05	0.37	2.35	0.001	0.392
V	0.24	0.24	0.62	5.24	0.24	0.873
VI	0.28	0.28	0.64	3.73	0.03	0.622
VII	0.00	0.00	0.21	1.35	0.00	0.225
VIII	0.00	0.00	0.20	0.70	0.00	0.117
IX	0.00	0.00	0.20	0.58	0.00	0.097
X	0.00	0.00	0.03	0.05	0.00	0.008
XI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabella 3. 8: confronto tra i metodi decisionali trattati.

3.4.2 Pesì e soglia di occorrenza

I metodi utilizzati prevedono un'informazione sugli attributi fornita dal decisore. È un'informazione di tipo cardinale (**paragrafo 2.4.3**), ovvero un valore numerico compreso tra 0 ed 1 (W_j) che quantifica l'attendibilità del j-esimo effetto-attributo. Unica eccezione tra i metodi è la procedura Hurwicz, che non prevede formalmente nessun tipo di informazione da parte del decisore, ma che è stato opportunamente adattato in questa tesi, data la necessità di fornire un valore di attendibilità alle informazioni ricavabili dalle fonti. I pesi (W) degli attributi sono calcolati in questo modo:

$$W = W_s \cdot W_e \quad (3.22)$$

dove:

1. W_s : peso associato alla fonte da cui è stato estratto l'effetto (inserita precedentemente dall'operatore nel database Excel);
2. W_e : peso associato all'effetto e direttamente proporzionale alla qualità e quantità di informazione: si prende in considerazione quali e quante componenti logico-sintattiche, oltre naturalmente al *predicato* e all'*oggetto* sempre presenti, sono contenute nell'effetto, dando un'importanza maggiore al *quantificatore*; se ci sono solo i componenti base (*predicato* e *oggetto*) il peso è pari a 0.2; se è presente un'altra componente logico sintattica (per un totale di tre) il peso è pari a 0.6 ($0.2 \cdot 3$); con 4 componenti è 0.8 ($0.2 \cdot 4$); con 5 è 1.0 ($0.2 \cdot 5$); se c'è il *quantificatore* l'effetto ha peso pari ad 1.0 (l'informazione è considerata completa).

Per la stima finale dell'intensità macrosismica *fuzzy* è consigliabile che l'effetto-attributo abbia un certo numero di occorrenze nel database di riferimento, al fine di evitare fenomeni di sovradattamento (*overfit*) dei risultati dell'elaborazione *fuzzy* con le

intensità stimate dall'esperto. Ad esempio, la *membership* di un effetto presente in una singola località avrà inevitabilmente un picco uguale a 1 in corrispondenza del grado d'intensità assegnato dall'esperto e zero per tutti gli altri gradi. Di conseguenza, utilizzando le procedure Maximin, Centroide, Hurwicz e WPM, la funzione di aggregazione avrà un unico valore non nullo (il picco dell'effetto in questione) in corrispondenza del grado di intensità assegnato dall'esperto. Questo provocherebbe un *overfit* dei risultati.

4 ANALISI DEI RISULTATI

4.1 Parametri statistici utilizzati

La procedura automatica di stima dell'intensità macrosismica è stata utilizzata per analizzare sette eventi sismici (**tab. 4.1**) avvenuti in Italia in un periodo storico che va dalla seconda metà del '800 alla prima metà del '900, per un totale di circa 30000 effetti macrosismici archiviati.

Event	Date	Zone	Lat	Long	I_0	I_{max}	Ntot	Nsing	Nmul	NEE
Monte Baldo	1876-04-29	Northern Italy	45.75	10.78	7.0	7.5	25	25	25	128
Valle d'Ilasi	1891-06-07	Northern Italy	45.57	11.17	8.5	9	403	403	403	2715
Marsica	1915-01-13	Center Appennines	41.98	13.65	11	11	860	860	860	8135
Santa Sofia	1918-11-10	Northern Appennines	43.92	11.93	9	9	188	188	188	672
Mugello	1919-06-29	Northern Appennines	43.95	11.48	10	10	568	568	568	6216
Garfagnana	1920-09-07	Northern Appennines	44.18	10.28	10	10	756	756	756	4617
Irpinia	1930-07-23	Southern Appennines	41.05	15.37	10	10	511	511	511	7301

Tabella 4. 1: eventi sismici analizzati e corrispettive caratteristiche (*:da CFTI3 [Boschi et al., 2000])

I nuovi valori di intensità (I_{fuz}) ottenuti sono stati confrontati con quelli stimati dall'esperto (I_{exp} , CFTI3). Attraverso l'utilizzo di parametri statistici è stato quantificato l'accordo con il metodo tradizionale di stima dell'intensità, ovvero il grado di riproduzione del giudizio dell'esperto macrosismico. Per ogni terremoto vengono considerati il numero totale di località analizzate (N_{tot}), il numero di località a cui è stato assegnato un singolo grado di intensità (N_{sing}) e il numero di località con grado incerto (N_{mul}). Per descrivere e quantificare le differenze tra le stime di intensità *fuzzy* e quelle dell'esperto sono stati anche considerati parametri statistici:

- Scarto quadratico medio (*r.m.s.*)

$$r.m.s. = \sqrt{\frac{\sum(I_{exp} - I_{fuz})^2}{N}} \quad (4.1)$$

con N = numero di località

- Differenza media (d_{mean})

$$d_{mean} = \frac{\sum(I_{exp} - I_{fuz})}{N} \quad (4.2)$$

con N = numero di località

- Differenza media assoluta (d_{abs})

$$d_{abs} = \frac{\sum|I_{exp} - I_{fuz}|}{N} \quad (4.3)$$

con N = numero di località

- Coefficiente di correlazione (r)
 1. di Pearson (parametrico)

$$r_p = \frac{\sigma_{ef}}{\sigma_e \cdot \sigma_f} \quad (4.4)$$

dove σ_{ef} è la covarianza tra I_{exp} e I_{fuz} e σ_e e σ_f , sono le due deviazioni standard

2. di Spearman (non parametrico) [*Siegel e Castellan*, 1992]

Per calcolare il coefficiente di Spearman bisogna, per prima cosa, associare ad ogni valore di una variabile il rango¹ corrispondente. Se i dati della variabile hanno due o più valori uguali, è necessario assegnare ad ognuno di essi come rango la media delle loro posizioni. Per misurare la correlazione tra due variabili (ad esempio I_{exp} e I_{fuz}) si calcola, per ogni valore, la distanza, elevata al quadrato,

¹ Il rango è un numero intero che identifica la posizione del valore di una variabile in termini di grandezza. Gli N valori della variabile vengono ordinati in modo crescente e contrassegnati con un numero intero ordinale progressivo da 1 ad N .

tra i ranghi ($d_i^2 = (I_{exp_i} - I_{fuz_i})^2$, per $i=1, \dots, N$). Essendo molti valori di I_{exp} e di I_{fuz} identici (*ties*) e pertanto aventi lo stesso rango, occorre apportare una modifica. La formula finale è:

$$r_s = \frac{(N^3 - N) - 6 \cdot \sum_{i=1}^N d_i^2 - (T_e - T_f)/2}{\sqrt{(N^3 - N)^2 - (T_e + T_f) \cdot (N^3 - N) + T_e \cdot T_f}} \quad (4.5)$$

con $T_{(e \text{ or } f)} = \sum_{i=1}^g (t_i^3 - t_i)$, dove g è il numero totale dei diversi raggruppamenti con stesso rango e t_i è il numero di ranghi identici nel raggruppamento *i-esimo*.

Questi parametri quantificano la capacità del metodo *fuzzy* di riprodurre le valutazioni dell'esperto. Bassi valori (tendenti allo 0) della differenza media (d_{mean}), della differenza media assoluta (d_{abs}) e dello scarto quadratico medio (*r.m.s.*) ed alti valori del coefficiente di correlazione (tendenti ad 1.0) indicano un buon accordo tra i due metodi.

4.2 Risultati ottenuti con le *membership* di tipo 1

Le prime elaborazioni per la stima dell'intensità sono state effettuate con le sole *membership* di tipo 1 (non pesate con il numero di località, si veda **capitolo 3, paragrafo 3.3.2**).

La **tabella 4.2** mostra i valori dei parametri statistici per i sette eventi analizzati, tenendo conto per ogni evento dei metodi decisionali utilizzati. I risultati ottenuti descrivono un buon accordo

(basse differenze medie assolute (d_{abs}) ed alti coefficienti di correlazione (r_p ed r_s)) con il metodo tradizionale (*esperto*).

Come si può facilmente notare non esistono grosse differenze tra i sei metodi decisionali adoperati (Δ = range di variazione tra i metodi decisionali per ogni statistica effettuata), che, in definitiva, presentano differenze rilevanti per singole località ma relativamente modeste nel complesso .

Eventi	Stats	Maxim	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS	Mean	Δ
1876 (n=25)	d_abs	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000	0.30	0.0000
	d_mean	-0.0840	-0.5240	-0.0840	-0.0440	-0.0840	-0.0840	-0.15	0.4800
	r_p	0.9471	0.9471	0.8505	0.8311	0.8505	0.8513	0.88	0.1160
	r_s	0.9387	0.9351	0.8402	0.8325	0.8402	0.8401	0.87	0.1062
1891 (n=305)	d_abs	0.4952	0.5088	0.4952	0.5384	0.5502	0.5432	0.52	0.0550
	d_mean	-0.3292	-0.6505	-0.3292	-0.3275	-0.3161	-0.3390	-0.38	0.3344
	r_p	0.7964	0.8028	0.7939	0.7513	0.7641	0.7523	0.78	0.0515
	r_s	0.7871	0.8245	0.7745	0.7487	0.7511	0.7502	0.77	0.0758
1915 (n=569)	d_abs	0.4939	0.5288	0.5003	0.5184	0.4834	0.5341	0.51	0.0507
	d_mean	-0.0267	-0.2077	-0.0361	-0.0496	-0.0575	-0.0513	-0.07	0.1810
	r_p	0.9138	0.9264	0.9116	0.9045	0.9151	0.8986	0.91	0.0278
	r_s	0.9029	0.9226	0.9009	0.904	0.9081	0.8979	0.91	0.0247
1918 (n=59)	d_abs	0.7667	0.7917	0.8333	0.8917	0.8417	0.9083	0.84	0.1416
	d_mean	-0.4068	-0.4322	-0.4068	-0.4322	-0.4153	-0.4492	-0.42	0.0424
	r_p	0.7551	0.7707	0.7227	0.6901	0.7199	0.6918	0.73	0.0806
	r_s	0.7299	0.7092	0.7115	0.6928	0.7025	0.6856	0.71	0.0443
1919 (n=315)	d_abs	0.327	0.4984	0.3222	0.3413	0.3238	0.3429	0.36	0.1762
	d_mean	-0.1559	-0.3638	-0.1479	-0.1638	-0.1622	-0.1559	-0.19	0.2159
	r_p	0.9541	0.9418	0.9541	0.9491	0.9532	0.9495	0.95	0.0123
	r_s	0.9512	0.9486	0.9517	0.9494	0.9519	0.9497	0.95	0.0033
1920 (n=447)	d_abs	0.4469	0.4934	0.4524	0.4779	0.4458	0.4856	0.47	0.0476
	d_mean	-0.0065	-0.1441	-0.0087	0.0047	-0.0266	-0.0020	-0.03	0.1488
	r_p	0.9300	0.9319	0.927	0.9225	0.9290	0.9179	0.93	0.0140
	r_s	0.9244	0.9285	0.9219	0.9183	0.9239	0.9128	0.92	0.0157
1930 (n=392)	d_abs	0.5738	0.8000	0.5705	0.5902	0.5705	0.6131	0.62	0.2295
	d_mean	-0.2023	-0.2495	-0.1997	-0.1551	-0.1717	-0.1577	-0.19	0.0944
	r_p	0.7851	0.7374	0.7858	0.7548	0.7767	0.7418	0.76	0.0484
	r_s	0.7102	0.6711	0.7127	0.6939	0.7082	0.694	0.70	0.0416

Tabella 4. 2: risultati per i sette eventi analizzati con le *membership* di tipo 1, unite; *mean* e Δ sono rispettivamente il valore medio e il range di variazione delle statistiche per i metodi decisionali utilizzati; *n* è il numero di località analizzate per ogni terremoto.

L'analisi in dettaglio dei residui tra le intensità valutate dall'esperto (catalogo CFTI3) (I_{exp}) e quelle valutate con il metodo *fuzzy* (I_{fuz}) è stata condotta calcolando la differenza media (d_{mean}) tra intensità dell'esperto e quella *fuzzy*. È stata inoltre stimata l'asimmetria nella distribuzione dei residui fra le due intensità,

quantificando, rispetto alla media campionaria l'eventuale differenza tra le due "code" della distribuzione. L'asimmetria è [Siegel e Castellan, 1992]:

$$b_1 = \frac{\sum(x - \mu)^3}{N\sigma^3} \quad (4.6)$$

dove μ è la media, σ è la deviazione standard.

In tutti i casi analizzati (indipendentemente da metodi decisionali e tipologia di *membership* utilizzata), il metodo *fuzzy* tende in generale a sovrastimare leggermente le intensità dell'esperto (d_{mean} , **tab. 4.2**, asimmetria, **tab. 4.3**).

Asimmetria – membership: tipo1, unite						
Eventi	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
1891	-2.4627	-2.4232	-2.3693	-2.1458	-2.3247	-2.0506
1915	-2.7839	-2.8684	-2.7752	-2.6202	-2.8994	-2.5931
1918	-1.4821	-2.1995	-1.4821	-0.7451	-0.9805	-0.7625
1919	-2.2501	-2.4171	-2.2466	-2.2275	-2.2841	-2.1957
1920	-3.4104	-3.2560	-3.3891	-3.3114	-3.3990	-3.2910
1930	-3.5566	-3.8373	-3.6030	-3.3724	-3.5052	-3.3614

Tabella 4. 3: valori dell'asimmetria calcolati per i residui ($I_{exp}-I_{fuz}$) ottenuti con le *membership* unite di tipo 1.

Come è possibile osservare anche attraverso gli istogrammi dei residui ($I_{exp} - I_{fuz}$) di **fig. 4.1**, i valori dell'asimmetria (**tab. 4.3**) sono negativi, ovvero la coda della distribuzione è più ampia per valori negativi degli scarti che corrispondono alla sovrastima del metodo decisionale *fuzzy* rispetto all'esperto.

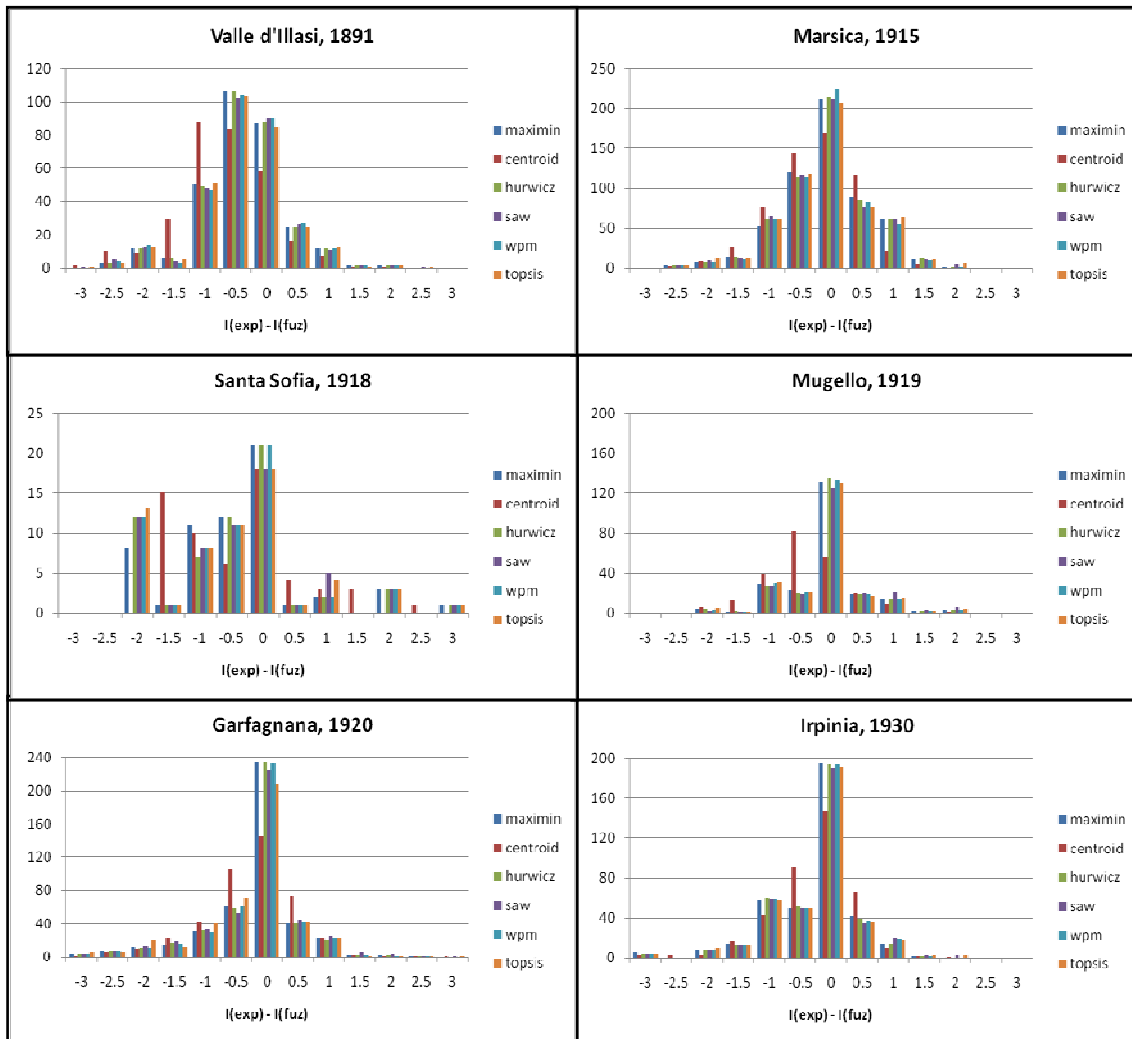


Figura 4. 1: distribuzione degli scarti tra intensità esperto e intensità *fuzzy* per i terremoti del 1891, 1915, 1918, 1919, 1920 e 1930. È stato omesso il grafico relativo al terremoto del 1876, ritenuto poco rappresentativo in quanto costituito da sole 25 località. Le *membership* utilizzate per stimare le intensità *fuzzy* sono del tipo 1, unite.

Questa asimmetria non è distribuita uniformemente in tutti i singoli gradi di intensità ma è concentrata nei gradi inferiori: ordinando infatti i residui in funzione del grado di intensità assegnato dall'esperto, è possibile osservare una prevalenza di residui negativi (sovrastima del metodo decisionale *fuzzy* rispetto all'esperto) nei gradi inferiori e di residui positivi (sottostima) nei gradi più alti (**fig. 4.2**).

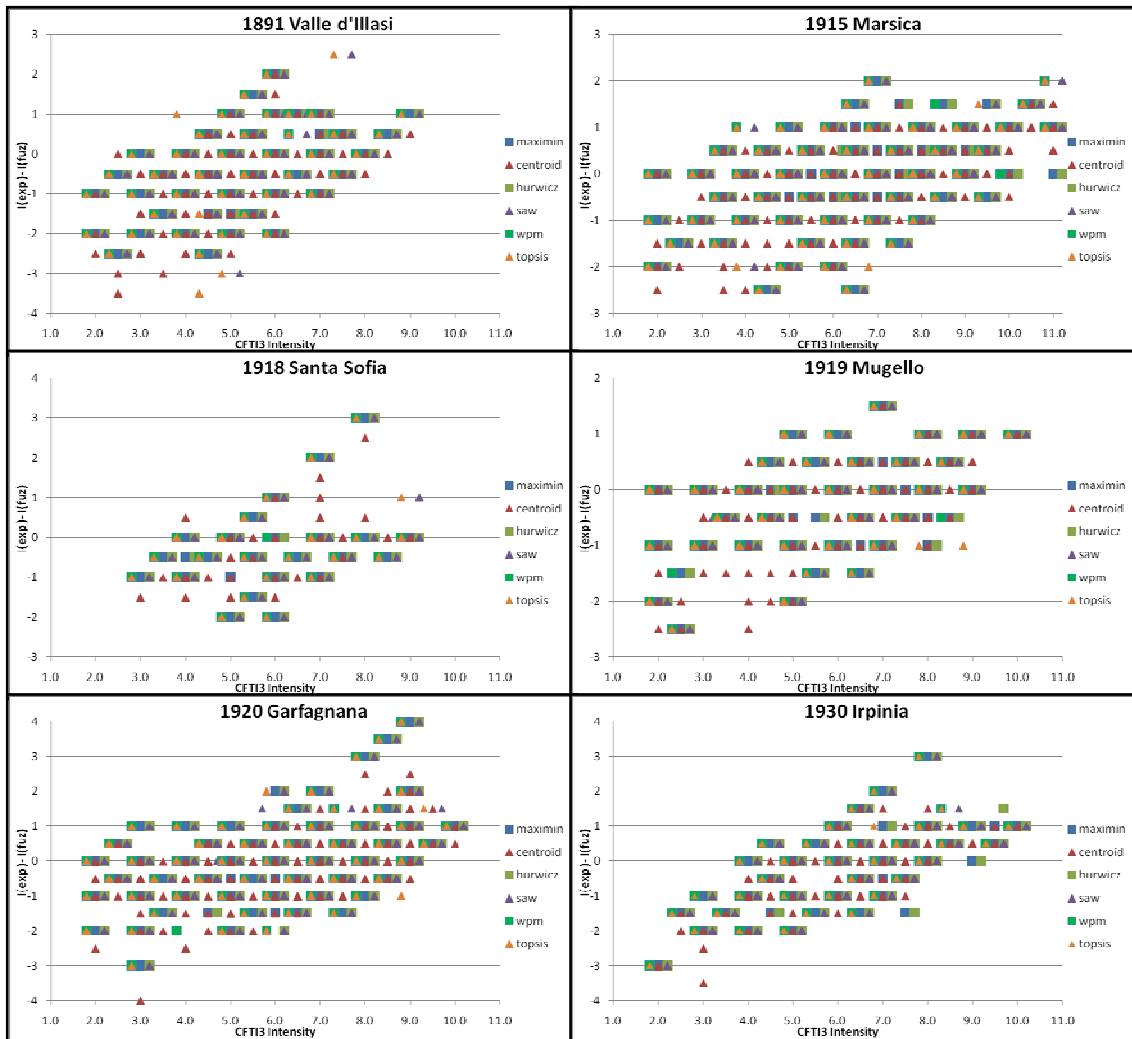


Figura 4. 2: distribuzione degli scarti tra intensità esperto e intensità *fuzzy* in funzione dell'intensità macrosismica stimata dall'esperto (catalogo CFT13) per i terremoti del 1891, 1915, 1918, 1919, 1920 e 1930. È stato omesso il grafico relativo al terremoto del 1876, ritenuto poco rappresentativo in quanto costituito da sole 25 località. Le *membership* utilizzate per stimare le intensità *fuzzy* sono unite, del tipo 1.

Un'accurata analisi delle *membership* dei singoli effetti ha evidenziato come la minor abilità del metodo *fuzzy* a riprodurre le intensità dei gradi estremi (inferiori al IV e superiori all'IX) sia dovuta alla bassa occorrenza di effetti tipici di tali gradi di intensità: in un caso le località più colpite (con intensità massima) sono effettivamente poche, nell'altro le località meno colpite e/o prive di danni, anche se ovviamente più numerose, sono tendenzialmente non riportate nelle fonti. Questa osservazione ha portato a definire le altre tipologie di *membership* (**tipo 2 e tipo 3, paragrafo 3.3.2**) che

tengono conto anche del numero di località per ogni grado di intensità assegnato dall'esperto.

4.3 Risultati ottenuti con le *membership* di tipo 2 e di tipo 3

Le *membership function* di tipo 2 e 3 sono costruite considerando l'occorrenza dell'effetto nei gradi di intensità stimati dall'esperto normalizzandone il valore con il numero di località in cui è stato assegnato il grado (tipo 2, formula 3.2) e con la radice quadrata di tale numero (tipo 3, formula 3.3).

Analizzando i residui tra le intensità dell'esperto (CFTI3) (I_{exp}) e quelle *fuzzy* (I_{fuz}) è possibile notare, analogamente a quanto osservato con le *membership* di tipo 1, una tendenza generale del metodo *fuzzy* a sovrastimare il metodo dell'esperto (distribuzione con coda più ampia verso valori negativi, **tabb. 4.4 e 4.5, figg. 4.3 e 4.4**).

Asimmetria – membership: tipo1, unite						
Eventi	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
1891	-2.1185	-2.1515	-2.1023	-1.9689	-2.1655	-1.9548
1915	-2.7732	-2.9964	-2.9336	-2.7303	-3.0112	-2.3763
1918	-2.1852	-2.1290	-2.1874	-1.6622	-1.6106	-1.4920
1919	-3.1025	-2.5034	-3.0462	-2.8311	-3.0942	-2.8065
1920	-3.5551	-3.4543	-3.5143	-3.2675	-3.5686	-3.2265
1930	-4.5011	-4.1330	-4.4231	-4.6314	-4.6963	-4.5961

Tabella 4. 4: valori dell'asimmetria calcolati per i residui ($I_{exp}-I_{fuz}$) ottenuti con le *membership* unite di tipo 2.

Asimmetria – membership: tipo1, unite						
Eventi	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
1891	-2.3446	-2.2763	-2.2878	-2.0174	-2.2240	-1.9971
1915	-3.1307	-2.9836	-3.2092	-3.1327	-3.4405	-3.0054
1918	-2.0428	-2.2408	-1.7610	-1.0929	-1.3037	-1.0356
1919	-2.8483	-2.4343	-2.7845	-2.7331	-2.7663	-2.6279
1920	-3.5445	-3.4100	-3.5268	-3.3768	-3.6090	-3.3206
1930	-3.9402	-4.0793	-3.9355	-3.8189	-3.9520	-3.8032

Tabella 4. 5: valori dell'asimmetria calcolati per i residui ($I_{exp}-I_{fuz}$) ottenuti con le membership unite di tipo 3.

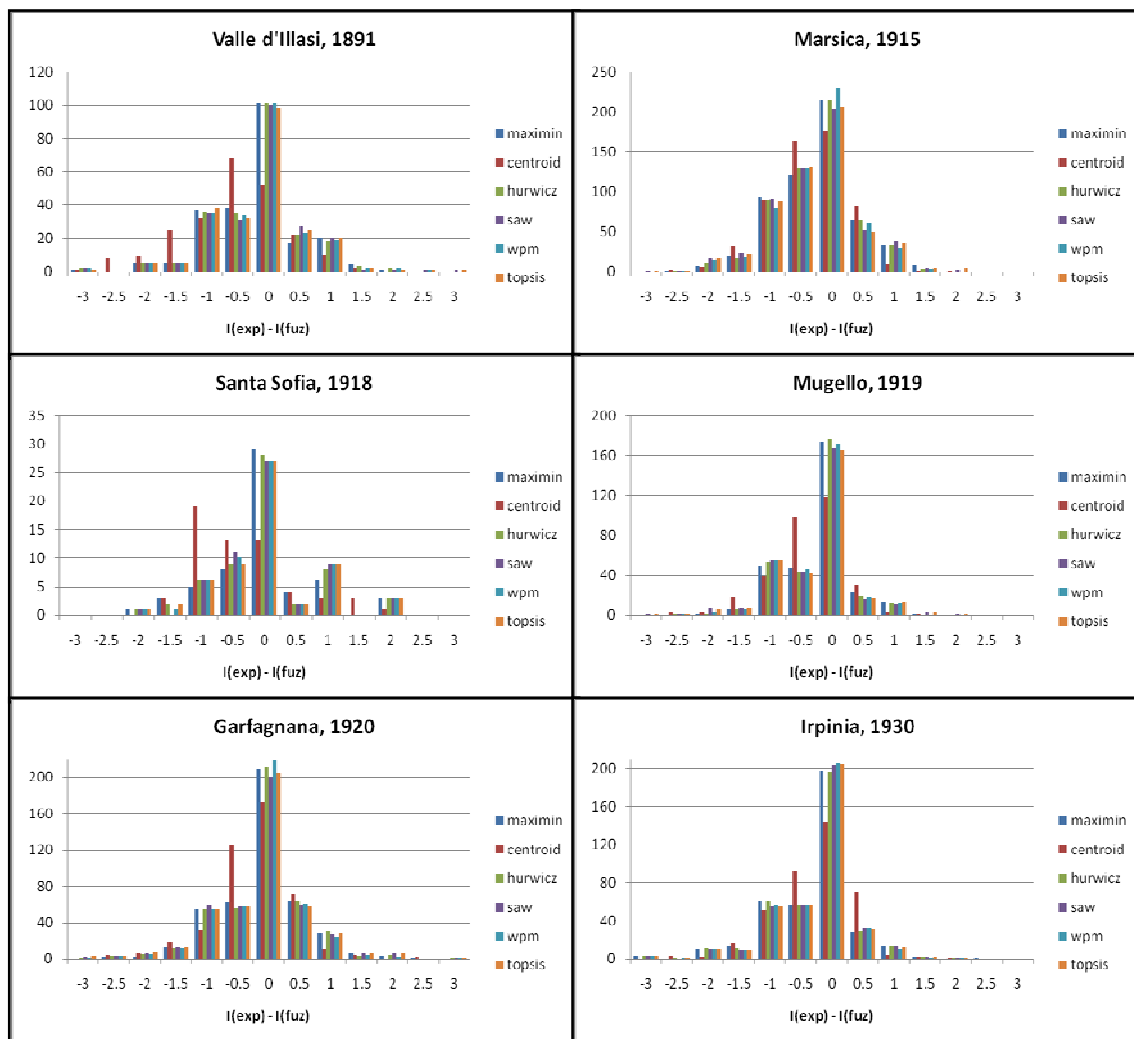


Figura 4. 3: distribuzione degli scarti tra intensità esperto e intensità fuzzy per i terremoti del 1891, 1915, 1918, 1919, 1920 e 1930. È stato omesso il grafico relativo al terremoto del 1876, ritenuto poco rappresentativo in quanto costituito da sole 25 località. Le membership utilizzate per stimare le intensità fuzzy sono unite, del tipo 2.

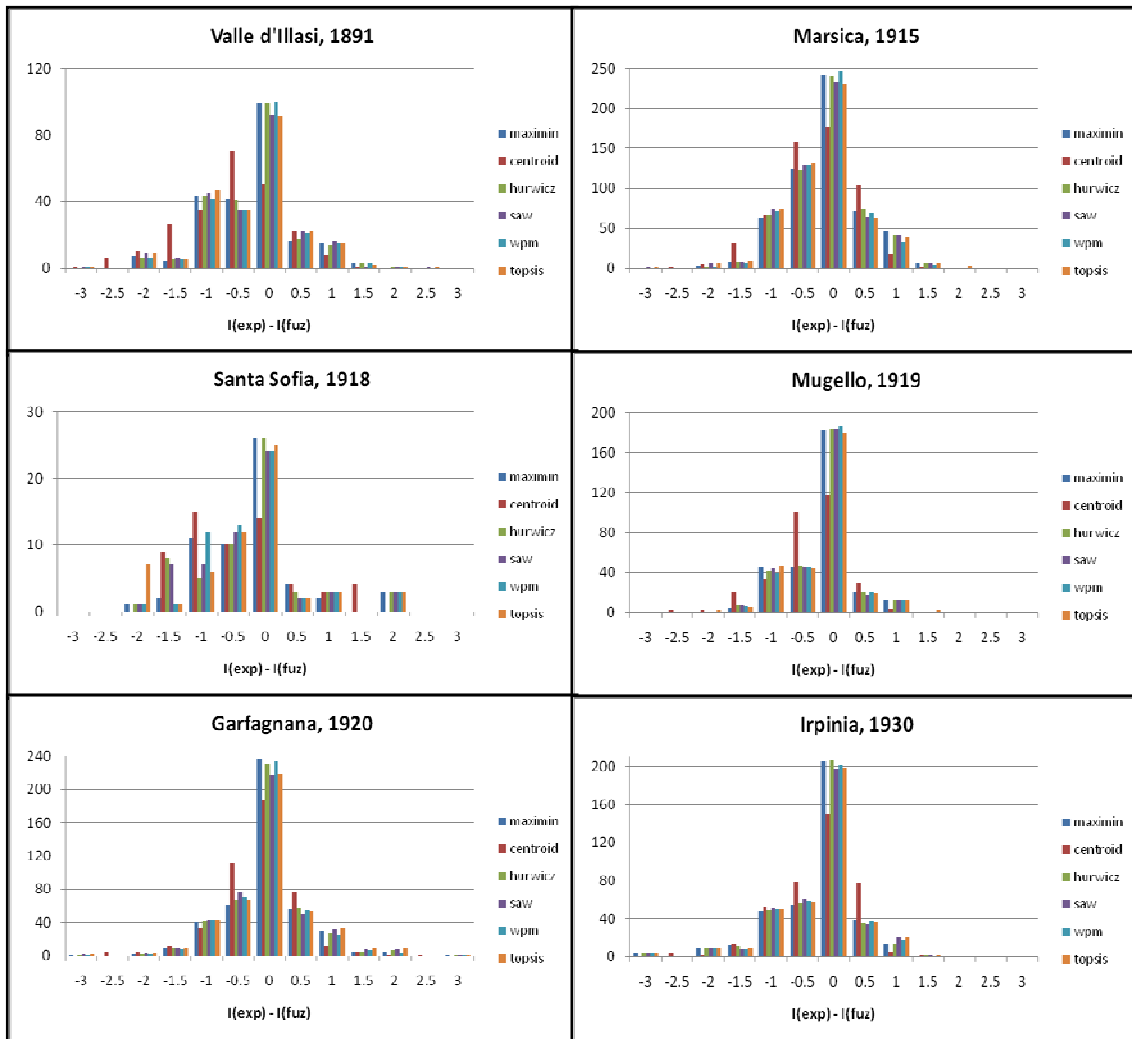


Figura 4. 4: distribuzione degli scarti tra intensità esperto e intensità *fuzzy* per i terremoti del 1891, 1915, 1918, 1919, 1920 e 1930. È stato omesso il grafico relativo al terremoto del 1876, ritenuto poco rappresentativo in quanto costituito da sole 25 località. Le *membership* utilizzate per stimare le intensità *fuzzy* sono unite, del tipo 3.

Il plot dei residui per i terremoti in esame e per le due tipologie di *membership* (tipo 2 e 3, rispettivamente in **fig. 4.5** e **4.6**), non evidenziano un trend preciso o una tendenza alla sovra o sottostima per certi gradi come invece osservato per le *membership* di tipo 1 (**fig. 4.2**).

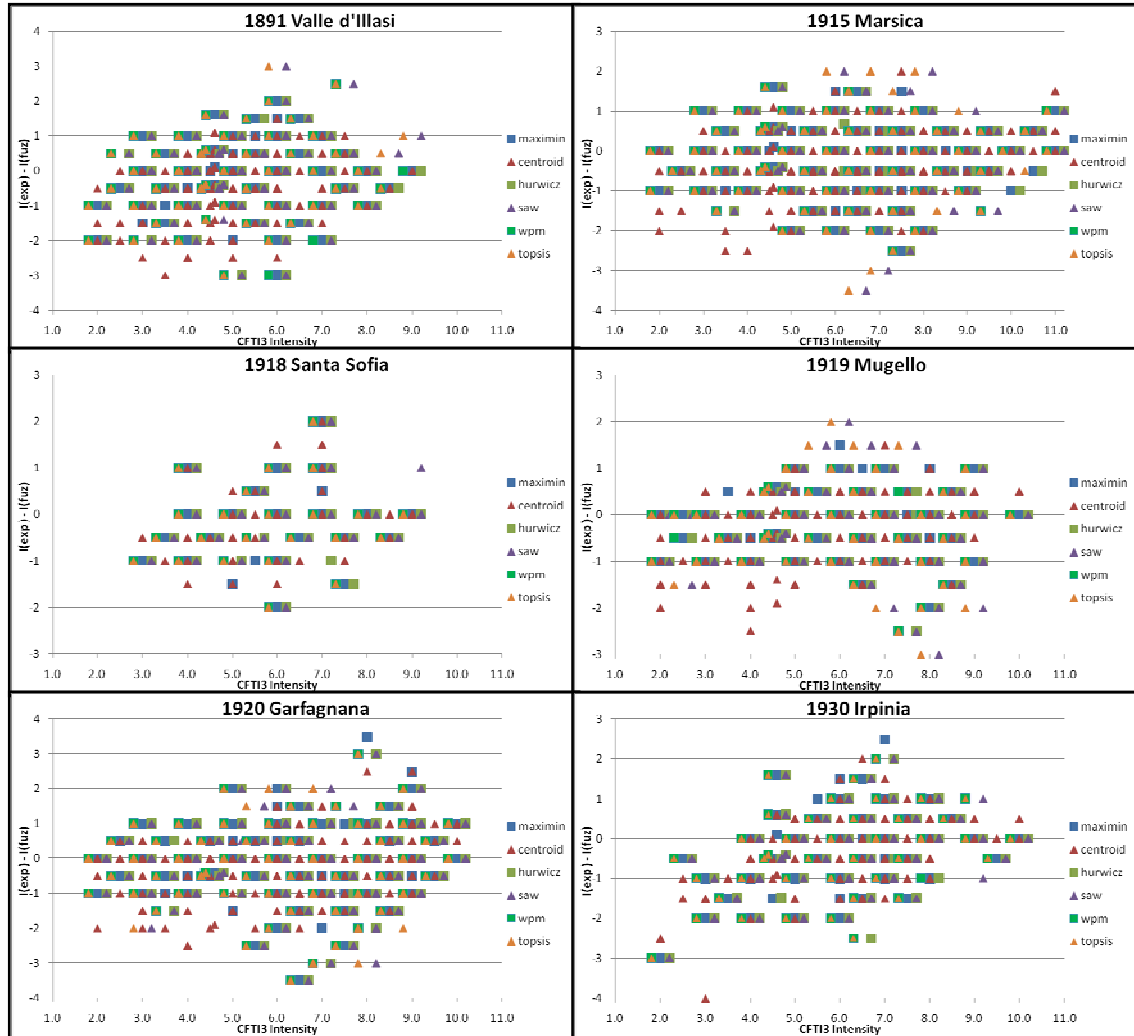


Figura 4. 5: distribuzione degli scarti tra intensità esperto e intensità *fuzzy* in funzione dell'intensità macrosismica stimata dall'esperto (catalogo CFT13) per i terremoti del 1891, 1915, 1918, 1919, 1920 e 1930. È stato omesso il grafico relativo al terremoto del 1876, ritenuto poco rappresentativo in quanto costituito da sole 25 località. Le *membership* utilizzate per stimare le intensità *fuzzy* sono unite, del tipo 2.

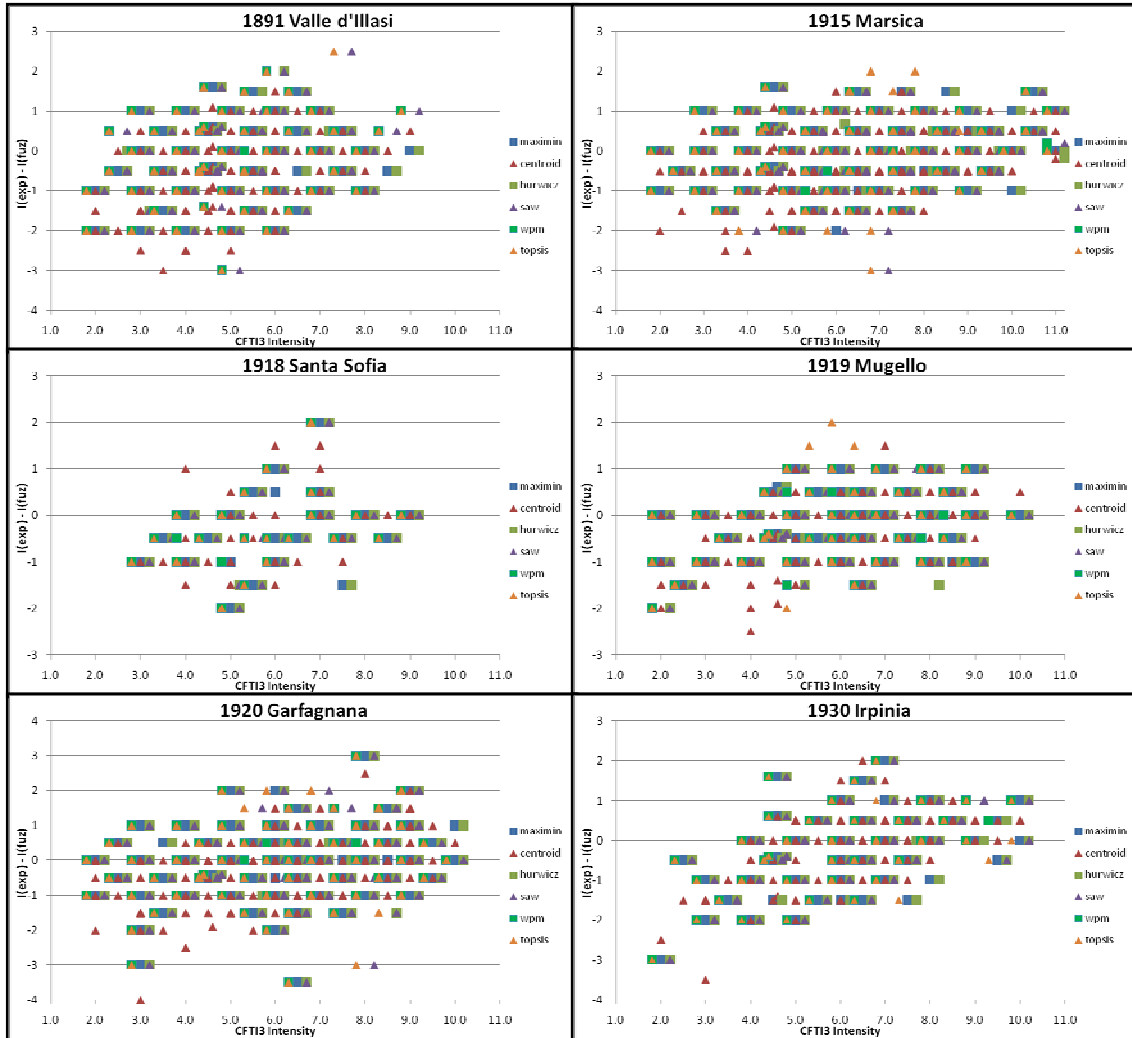


Figura 4. 6: distribuzione degli scarti tra intensità esperto e intensità *fuzzy* in funzione dell'intensità macrosismica stimata dall'esperto (catalogo CFT13) per i terremoti del 1891, 1915, 1918, 1919, 1920 e 1930. È stato omesso il grafico relativo al terremoto del 1876, ritenuto poco rappresentativo in quanto costituito da sole 25 località. Le *membership* utilizzate per stimare le intensità *fuzzy* sono unite, del tipo 3.

4.3.1 Analisi in dettaglio dei singoli terremoti

Per l'analisi dei risultati è stato creato un *tool* di interfacce grafiche con Matlab[®]. Grazie a queste maschere è possibile visualizzare, per ogni terremoto, i parametri statistici calcolati per quantificare l'accordo con l'esperto, il plot dei dati di intensità e il plot degli scarti tra intensità esperto e intensità *fuzzy* (**Appendice B**).

Secondo lo schema di **figura 4.7** i risultati del metodo possono essere graficamente sintetizzati con:

1. la distribuzione degli scarti (**fig. 4.7 a**) tra intensità del CFTI3 (I_{exp}) e intensità *fuzzy* (I_{fuz} , con *membership* proprie ed unite);
2. il numero di località per grado di intensità assegnato (**fig. 4.7 b**) dall'esperto (*expert*) e dal metodo *fuzzy* (*membership* proprie: *fuzzy own*; *membership* unite: *fuzzy merged*);
3. la distribuzione degli scarti per grado di intensità normalizzata al valore massimo (**fig. 4.7 c**). In questa rappresentazione i vari istogrammi delle distribuzioni degli scarti tra intensità esperto e intensità *fuzzy* per tutti i gradi di intensità è rappresentata con una visione prospettica dall'alto verso il basso (come in **fig. 4.7 c1, c2 e c3**). I vari rettangoli sono colorati (RGB) in funzione del loro valore normalizzato come da *palette* a fianco. I rettangoli rosso scuro (valore=1) identificano il massimo degli scarti per ogni grado di intensità mentre la linea rossa identifica lo zero della distribuzione degli scarti. Maggiore è la vicinanza di ogni rettangolo rosso scuro alla linea rossa minore è lo scarto nel grado in esame tra intensità *fuzzy* e intensità esperto con un conseguente maggiore accordo.

L'analisi per ogni terremoto è articolata in:

- breve descrizione del terremoto (parametri epicentrali e tempo origine riportati sul CFTI3) e dei danni provocati.
- risultati ottenuti con le *membership* di tipo 2;
- risultati ottenuti con le *membership* di tipo 3
- eventuali osservazioni di confronto tra gli approcci adottati.

I risultati per ogni terremoto sono descritti attraverso le tabelle relative ai parametri statistici e i grafici di figura 4.7. Questi ultimi (fig. 4.7 a, b, c) sono affiancati, rispettivamente in una colonna

sinistra (a), centrale (b) e destra (c), mentre ogni riga dello schema rappresenta un metodo decisionale.

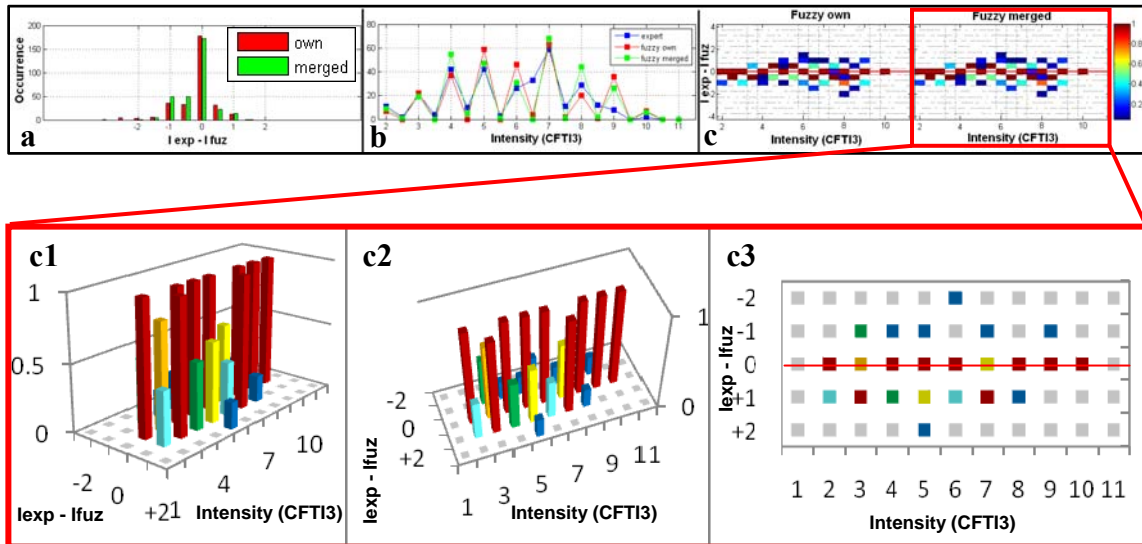


Figura 4. 7: schema (a,b,c) dei principali parametri di confronto utilizzati fra I_{exp} e I_{fuz} . In particolare: a) distribuzione totale degli scarti fra I_{exp} e I_{fuz} ; b) distribuzione del numero di località con intensità esperto e *fuzzy* per ogni grado; c) distribuzione degli scarti $I_{exp} - I_{fuz}$ per ogni grado di intensità. Dettagli fig. c(1-3): passaggio da rappresentazione 3D a 2D mantenendo la totalità dell' informazione iniziale: in particolare il valore numerico dell'occorrenza della distribuzione per ogni grado e range di scarto, viene mantenuta rappresentando i valori con un colore (palette).

4.3.1.1 Monte Baldo, 24 aprile 1876

Introduzione

Il terremoto è avvenuto alle 10:49 GMT (*Greenwich Mean Time*) del 24 aprile 1876 e ha interessato la zona del monte Baldo nel veronese e i paesi della costa orientale del lago di Garda (**fig. 4.8**). In CFTI3 [Boschi *et al.*, 2000] le coordinate epicentrali sono 45.75 gradi di latitudine Nord e 10.78 gradi di longitudine Est e l'intensità all'epicentro (I_0) è del VII grado MCS.

La scossa principale fu preceduta da numerosi *foreshock* a partire dal 18 marzo 1876 che non causarono alcun danno. Numerosi furono anche gli *aftershock* nei mesi di maggio, luglio, dicembre e nel mese di febbraio dell'anno successivo.

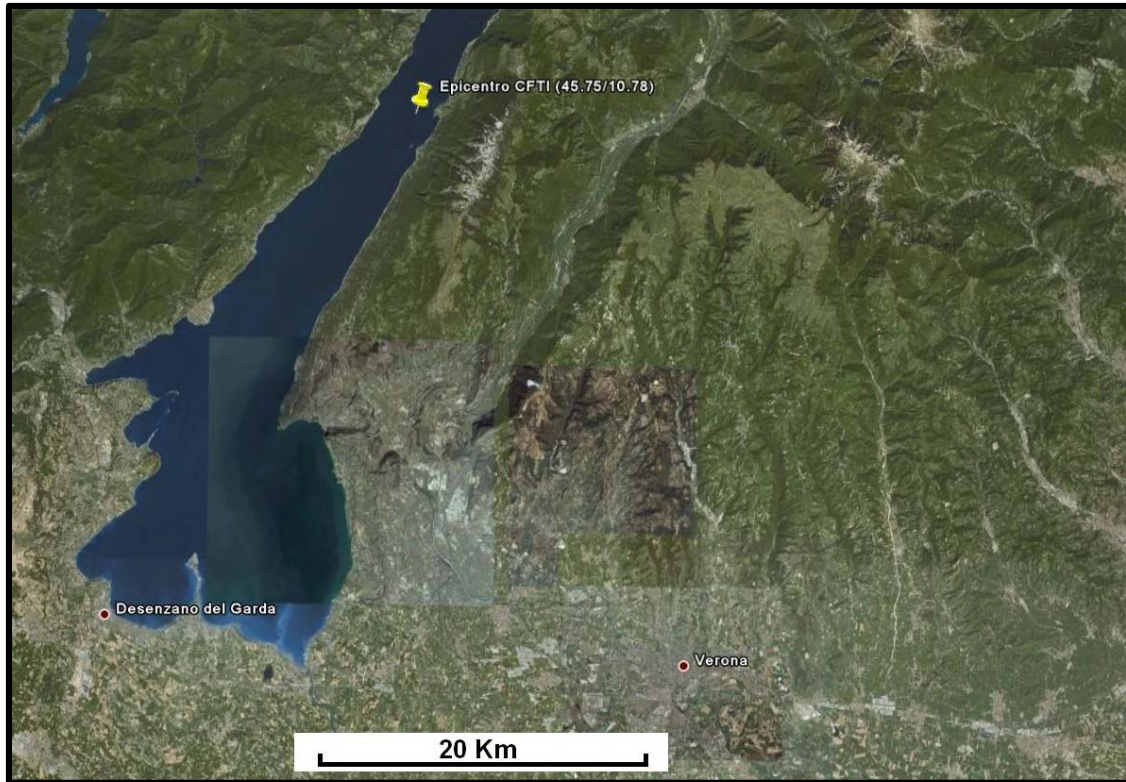


Figura 4. 8: zona ed epicentro del sisma del terremoto del 24 aprile 1876.

Le città più colpite furono Cassone (VR), Assenza (VR) e in minor misura Tremosine (BS). Vi furono pochi feriti e nessuna vittima.

I documenti utilizzati per l'analisi recano scarse informazioni dirette sugli effetti osservati: le uniche descrizioni utili all'indagine sono state ricavate da testate giornalistiche e da studi successivi [Goiran, 1880; Schorn, 1902; Bettoni, 1908].

Membership di tipo 2

Le tabelle (tabb. 4.6, 4.7), relative alle *membership* di tipo 2, mostrano un buon accordo con il metodo dell'esperto: lo scarto quadratico medio ($r.m.s.$) e la differenza media assoluta (d_{abs}) presentano valori molto bassi mentre i coefficienti di correlazione (r_p e r_s) sono elevati. I risultati sono migliori utilizzando le *membership* unite. La differenza media (d_{mean}) con le *membership* unite è quasi sempre positiva: è l'unico caso, tra i sette terremoti analizzati, in cui

si ha una sottostima sistematica dell'intensità CFTI3 da parte del metodo *fuzzy*.

1876 Monte Baldo – membership: tipo 2, proprie – soglia minima di occorrenza: 2						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	24	24	24	24	24	24
Nsing	23	22	23	24	24	24
Nmul	1	2	1	0	0	0
r.m.s.	0.5377	1.1160	0.5377	0.5842	0.5842	0.5842
d _{abs}	0.3583	1.0458	0.3583	0.3792	0.3792	0.3792
d _{mean}	-0.2333	-1.0042	-0.2333	-0.2542	-0.2542	-0.2542
r _p	0.7996	0.8632	0.7996	0.7764	0.7764	0.7764
r _s	0.7085	0.7135	0.7085	0.7051	0.7051	0.7051

Tabella 4. 6: risultati ottenuti con le *membership* proprie di tipo 2 per il terremoto del 1876.

1876 Monte Baldo – membership: tipo 2, unite – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	25	25	25	25	25	25
Nsing	6	4	6	6	5	6
Nmul	19	21	19	19	20	19
r.m.s.	0.5418	0.6493	0.5418	0.5418	0.5250	0.5036
d _{abs}	0.4160	0.5840	0.4160	0.4160	0.4087	0.3760
d _{mean}	0.3760	-0.5040	0.3760	0.2960	0.3652	0.3360
r _p	0.8886	0.8591	0.8886	0.8842	0.8010	0.8945
r _s	0.7569	0.7561	0.7569	0.7553	0.7564	0.7561

Tabella 4. 7: risultati ottenuti con le *membership* unite di tipo 2 per il terremoto del 1876.

Interessante è il consistente numero di località a cui è stato assegnato un grado incerto (*Nmul*) con le *membership* unite. Sono località che presentano come unica descrizione l'effetto “avvertito” (*-/-/avvertito/-*), effetto a cui viene assegnata una funzione di *membership* con un doppio picco nel IV e nel V grado MCS. Ciò dipende dal particolare e specifico valore numerico (tra 4.5 e 5) convenzionalmente assegnato, nel CFTI3, alle località con solo “avvertimento” (*felt, F*). Il valore *felt* è stato comunque associato all'intensità 4.5.

Membership di tipo 3

Con le *membership* di tipo 3 (tabb 4.8, 4.9) le differenze tra i parametri ottenuti utilizzando le proprie e le unite sono trascurabili.

Il numero di località con grado incerto (N_{mul}), ad eccezione del Centroide, è nullo per ogni metodo utilizzato, sia con le *membership* proprie che con le unite. In questo caso la funzione di *membership* associata all'effetto "avvertito" ha un solo picco di occorrenza nel grado V MCS: la procedura decisionale risulta più discriminante nella scelta del grado da assegnare. Questa differenza con le *membership* di tipo 2 è probabilmente dovuta ad un problema di arrotondamento effettuato durante il calcolo.

1876 Monte Baldo – membership: tipo 3, proprie – soglia minima di occorrenza: 2						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	24	24	24	24	24	24
Nsing	24	22	24	24	24	24
Nmul	0	2	0	0	0	0
r.m.s.	0.4178	1.1160	0.4178	0.5079	0.5079	0.5079
d _{abs}	0.2958	1.0458	0.2958	0.3375	0.3375	0.3375
d _{mean}	-0.1292	-1.0042	-0.1292	-0.2125	-0.2125	-0.2125
r _p	0.8502	0.8632	0.8502	0.8121	0.8121	0.8121
r _s	0.6539	0.7135	0.6539	0.7085	0.7085	0.7085

Tabella 4. 8: risultati ottenuti con le *membership* proprie di tipo 3 per il terremoto del 1876.

1876 Monte Baldo – membership: tipo 3, unite – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	25	25	25	25	25	25
Nsing	25	3	25	25	25	25
Nmul	0	22	0	0	0	0
r.m.s.	0.4094	0.6720	0.4556	0.4556	0.4537	0.4556
d _{abs}	0.2840	0.6040	0.3240	0.3240	0.3167	0.3240
d _{mean}	-0.0040	-0.5240	0.0360	-0.0040	-0.0250	-0.0040
r _p	0.8504	0.8436	0.8080	0.8075	0.6955	0.8075
r _s	0.6632	0.7526	0.6629	0.7061	0.7061	0.7061

Tabella 4. 9: risultati ottenuti con le *membership* unite di tipo 3 per il terremoto del 1876.

4.3.1.2 Valle d'Illasi, 7 giugno 1891

Introduzione

La scossa del 7 giugno 1891 (1:06 GMT) ebbe i suoi massimi effetti nella regione fra il corso dell'Adige e il Monte Pasubio, lungo

le valli che dai monti Lessini scendono, verso sud, nella pianura veneta.

L'intensità epicentrale stimata nel CFTI3 è VIII-IX MCS, le coordinate epicentrali sono 45.57 gradi di latitudine Nord e 11.17 di longitudine Est (**fig. 4.9**). L'area maggiormente colpita fu la zona di confine tra il Regno d'Italia e l'Impero Austro-Ungarico.

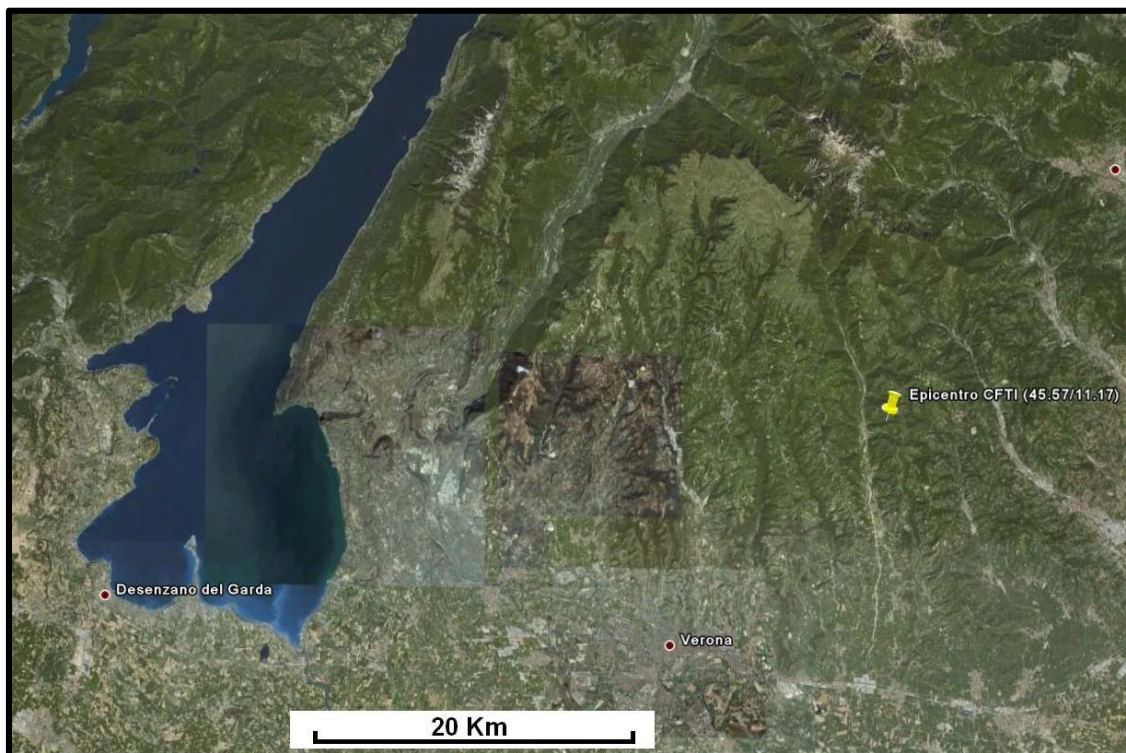


Figura 4. 9: zona ed epicentro del sisma del 7 giugno 1891 (dal *DOM4.1*).

Gravi danni si ebbero nel veronese, nei paesi di Castelvero, Marcemigo e Badia Calavena dove vi furono numerosi crolli sia totali che parziali e molte case inabitabili. Anche a Verona gli edifici subirono lesioni più o meno gravi. A Vicenza e Brescia la scossa fu fortemente avvertita ma non causò danni. L'area di risentimento è estesa da Trieste a Domodossola e da Innsbruck a Roma.

Come fonti sono state utilizzate cartoline macrosismiche, bollettini sismici, documenti amministrativi pubblici ed ecclesiastici coevi e successivi ed articoli di studiosi che hanno analizzato l'evento.

Membership di tipo 2

Le tabelle (**tab. 4.10** e **tab. 4.11**) mostrano un discreto accordo con la valutazione dell'esperto utilizzando le *membership* proprie e un buon accordo con quelle unite. Il numero delle località analizzate (*Ntot*) aumenta lievemente utilizzando le *membership* unite: con l'intero *dataset* dei terremoti analizzati aumenta l'occorrenza degli effetti e, di conseguenza, il numero di località a cui è possibile assegnare un grado di intensità. Il numero di località con grado incerto (*Nmul*) è consistente sia per le unite che per le proprie. Anche in questo caso ci sono molte località che hanno come unica descrizione "avvertito" che ha una *membership* con due picchi nel IV e nel V grado anche adoperando i dati del solo terremoto in esame (*membership* proprie).

1891 Valle d'Illassi – membership: tipo 2, proprie – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	303	303	303	303	303	303
Nsing	235	107	228	235	231	236
Nmul	68	196	75	68	72	67
r.m.s.	1.1716	0.9572	1.1865	1.3746	1.2086	1.3359
d_{abs}	0.6848	0.7277	0.6931	0.8122	0.6923	0.7842
d_{mean}	-0.3033	-0.5475	-0.2950	-0.4056	-0.2916	-0.3809
r_p	0.7183	0.7535	0.7116	0.6796	0.7144	0.6797
r_s	0.7295	0.6871	0.7230	0.6824	0.7308	0.6806

Tabella 4. 10: risultati ottenuti con le *membership* proprie di tipo 2 per il terremoto del 1891.

1891 Valle d'Illassi – membership: tipo 2, unite – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	305	305	305	305	305	305
Nsing	239	111	241	247	246	243
Nmul	66	194	64	58	59	62
r.m.s.	0.6852	0.9433	0.6994	0.7227	0.6969	0.7101
d_{abs}	0.4436	0.7426	0.4469	0.4633	0.4447	0.4600
d_{mean}	-0.0948	-0.5439	-0.0784	-0.0685	-0.0864	-0.0587
r_p	0.8372	0.7661	0.8305	0.8080	0.8131	0.8157
r_s	0.7651	0.7018	0.7611	0.7555	0.7561	0.7543

Tabella 4. 11: risultati ottenuti con le *membership* unite di tipo 2 per il terremoto del 1891.

Questo può essere verificato nei grafici della colonna centrale della figura (**fig. 4.10**) dove è evidente la tendenza del metodo *fuzzy* a

discriminare maggiormente l'intensità, eliminando gran parte dei mezzi gradi a vantaggio di intensità con grado intero. Questa tendenza trova due tipologie di eccezioni: la prima è riferita al grado intermedio "IV-V" che nella procedura adottata comprende anche i *felt* (*F*) (si veda anche il paragrafo precedente); la seconda è data dal metodo del Centroide che per la sua stessa definizione teorica tende a favorire maggiormente i mezzi gradi.

Nei grafici della colonna a destra si nota come gli errori (le differenze con le intensità del CFTI3) siano inferiori (code meno lunghe e rettangoli più raccolti attorno al valore 0) utilizzando le *membership* unite.

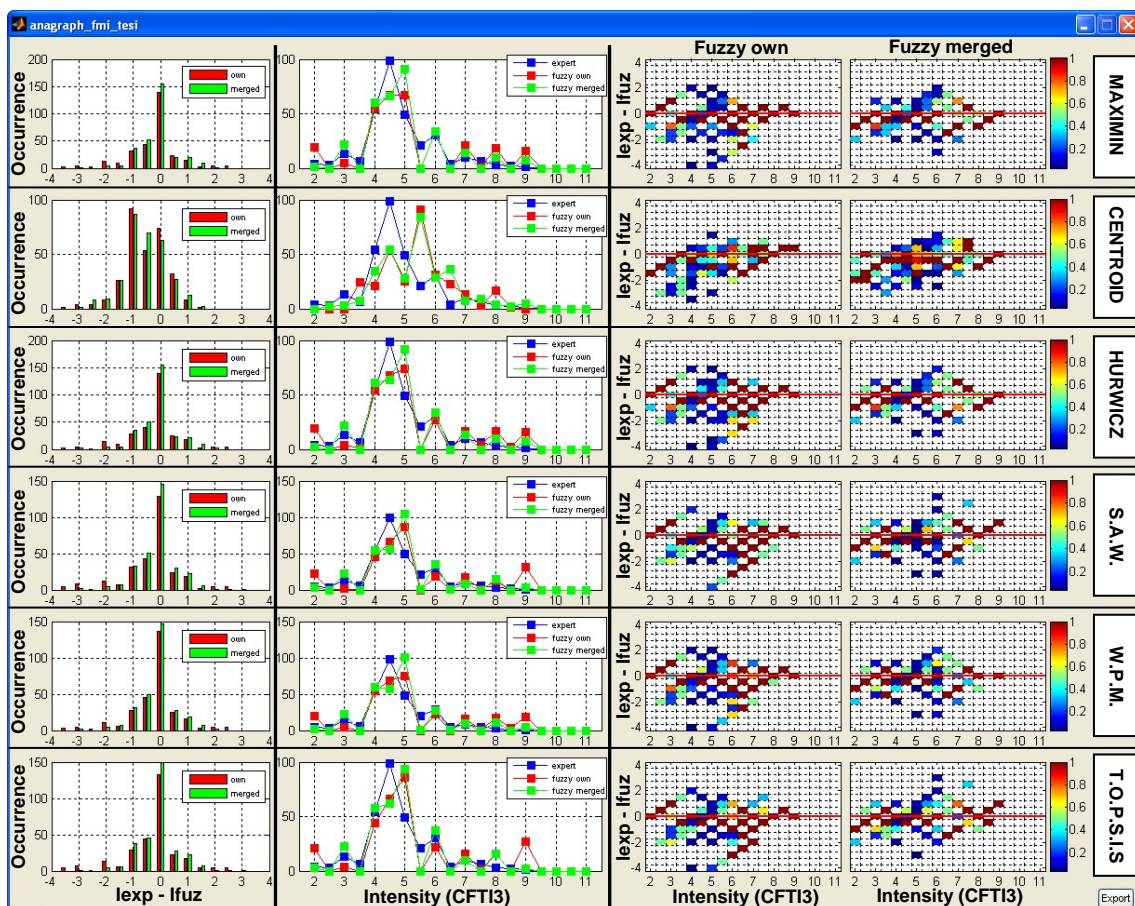


Figura 4. 10: risultati ottenuti con *membership* di tipo 2; colonna destra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità *fuzzy* (I_{fuz}); colonna centrale: numero di località per grado di intensità; colonna sinistra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità *fuzzy* (I_{fuz}) per grado di intensità utilizzando le *membership* proprie (*own*) e le *membership* unite (*merged*).

Membership di tipo 3

Utilizzando le *membership* di tipo 3 l'accordo è buono sia con le proprie che con le unite (tabb. 4.12, 4.13). Il numero delle località con intensità *fuzzy* assegnata (N_{tot}) è sostanzialmente identico utilizzando sia *membership* proprie che unite, mentre sono molte le località con grado incerto con *membership* proprie. Utilizzando le *membership* unite, invece, il numero di località con grado incerto scende quasi a zero, ad eccezione del metodo del Centroide.

1891 Valle d'Illasi – membership: tipo 3, proprie – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
N_{tot}	303	303	303	303	303	303
N_{sing}	235	166	234	242	244	238
N_{mul}	68	137	69	61	59	65
r.m.s.	0.6942	0.7756	0.6900	0.7441	0.6873	0.7752
d_{abs}	0.4531	0.5743	0.4482	0.4812	0.4523	0.5036
d_{mean}	-0.1449	-0.3512	-0.1465	-0.1729	-0.1523	-0.2257
r_p	0.8000	0.7902	0.8032	0.7783	0.8059	0.7684
r_s	0.7539	0.7370	0.7545	0.7367	0.7516	0.6931

Tabella 4. 12: risultati ottenuti con le *membership* proprie di tipo 3 per il terremoto del 1891.

1891 Valle d'Illasi – membership: tipo 3, unite – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
N_{tot}	305	305	305	305	305	305
N_{sing}	305	115	302	303	304	305
N_{mul}	0	190	3	2	1	0
r.m.s.	0.6799	0.9299	0.6830	0.7532	0.7024	0.7549
d_{abs}	0.4869	0.7387	0.4885	0.5367	0.4939	0.5393
d_{mean}	-0.2423	-0.5669	-0.2341	-0.2521	-0.2253	-0.2554
r_p	0.8461	0.7746	0.8435	0.7993	0.8157	0.8022
r_s	0.7934	0.7082	0.7893	0.7560	0.7849	0.7538

Tabella 4. 13: risultati ottenuti con le *membership* unite di tipo 3 per il terremoto del 1891.

La mancanza del grado di intensità IV-V MCS (che comprende anche i *felt*), è visibile anche nelle distribuzioni degli scarti utilizzando le *membership* unite (fig. 4.11, grafici della colonna sinistra) che mostrano un consistente numero di residui appartenenti alla classe “-0.5”. Questo perché alle numerose località con grado *felt* è stato assegnato, dai metodi *fuzzy*, il grado V MCS (si veda anche il paragrafo 4.3.1.1).

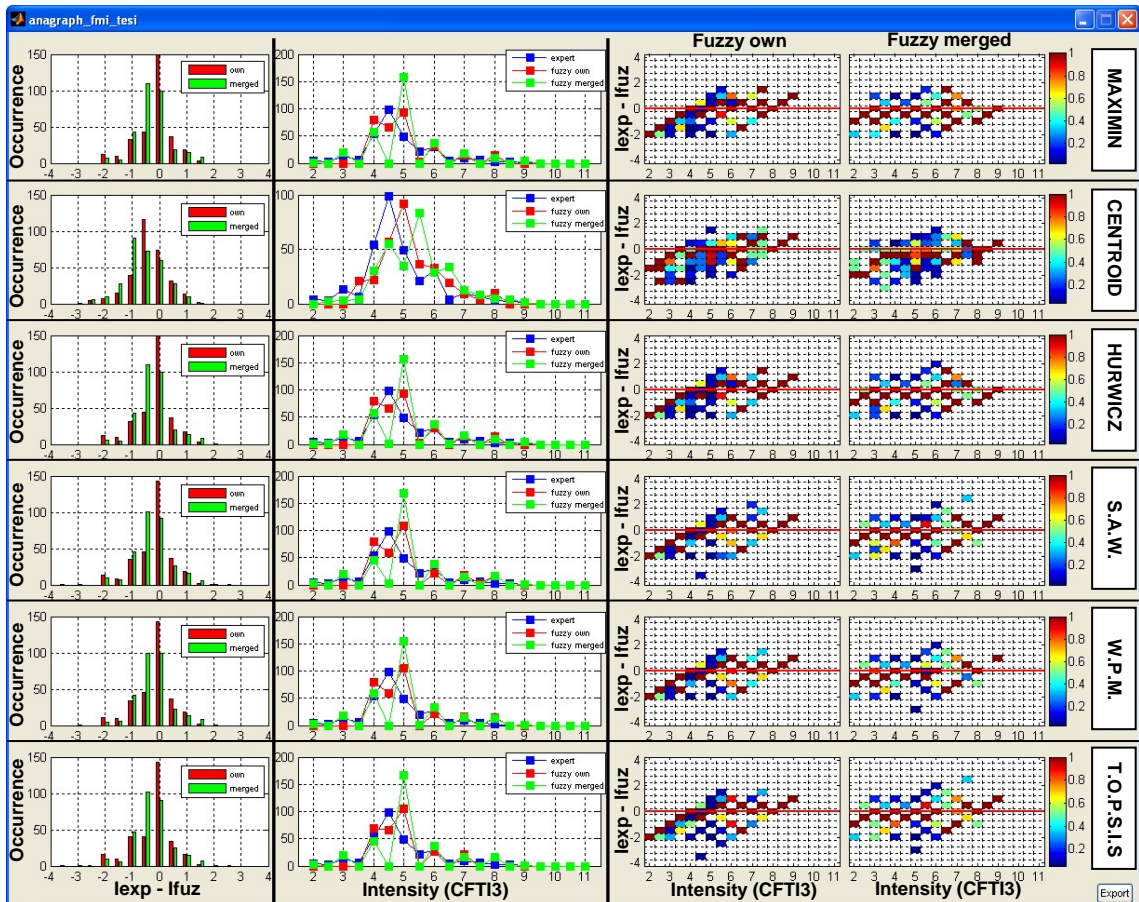


Figura 4. 11: risultati ottenuti con *membership* di tipo 3; colonna destra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità *fuzzy* (I_{fuz}); colonna centrale: numero di località per grado di intensità; colonna sinistra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità *fuzzy* (I_{fuz}) per grado di intensità utilizzando le *membership* proprie (*own*) e le *membership* unite (*merged*).

Osservazioni

Confrontando i risultati ottenuti con i due approcci (tipo 2 e tipo 3) con le *membership* proprie si osserva come i maggiori accordi rispetto all'esperto si ottengano per le *membership* di tipo 3. La differenza media assoluta (d_{abs}) e lo scarto quadratico medio ($r.m.s.$) sono molto bassi, mentre i coefficienti di correlazione (r_p e r_s) sono maggiori. Anche osservando le figure (4.10 e 4.11, grafici della colonna destra) si nota come la dispersione dei residui attorno allo 0 sia inferiore con le *membership* di tipo 3. Con le *membership* unite (sia tipo 2 che tipo 3) il risultato è pressoché identico.

4.3.1.3 Marsica, 13 gennaio 1915

Introduzione

La scossa principale (13 gennaio 1915, 06:52 GMT) interessò un'area molto vasta dell'Italia centrale e fu avvertito a nord fino alla pianura Padana e al Veneto, e a sud fino alla Puglia e alla Basilicata; segnalazioni di risentimento giunsero anche da alcune località istriane e slovene.

L'epicentro macrosismico stimato nel CFTI3 è 41.98 di latitudine Nord e 13.65 di longitudine Est (**fig. 4.12**), con I_0 pari a XI MCS. L'area di maggior risentimento ebbe una estensione di circa 380 kmq e fu caratterizzata dalla distruzione pressoché totale di gran parte degli abitati. Il numero di morti fu notevole per un semplice motivo: il terremoto avvenne alle prime ore del mattino in pieno inverno mentre la maggior parte delle persone si trovava nelle proprie case.

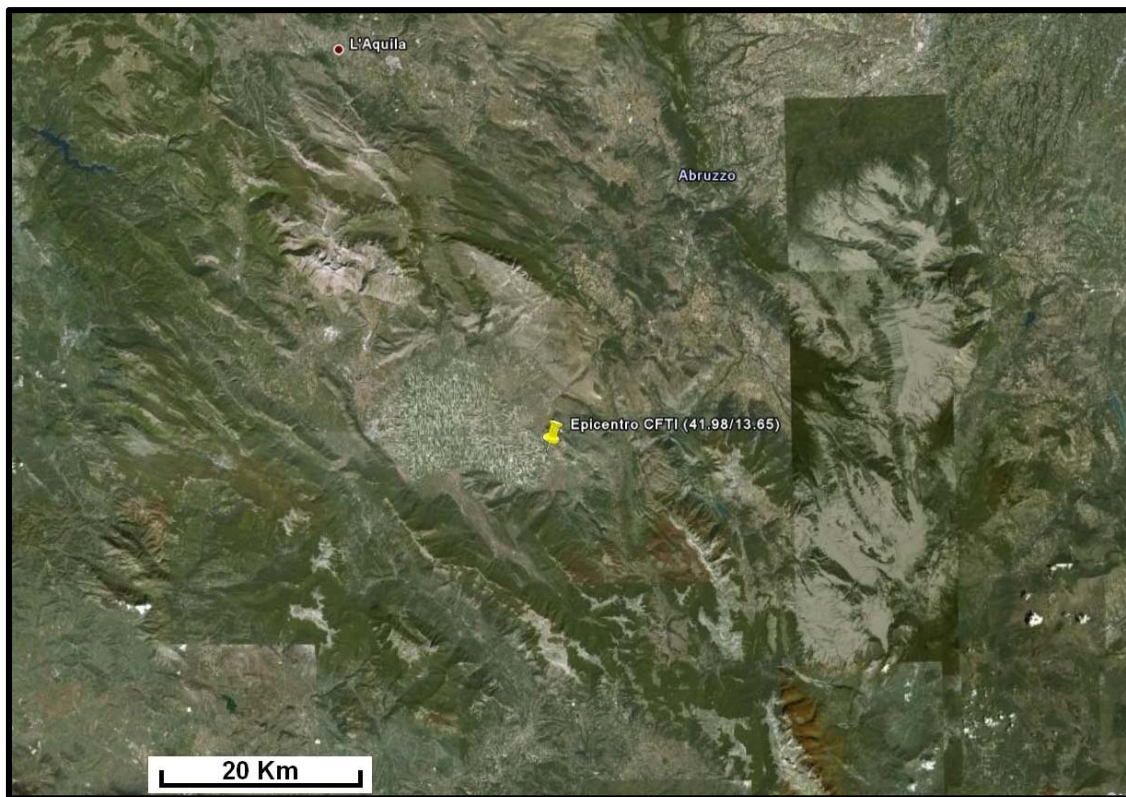


Figura 4. 12: zona ed epicentro del sisma del 13 gennaio 1915.

Membership di tipo 2

Le tabelle (tab. 4.14 e tab. 4.15) mostrano un buon accordo con l'esperto. Il numero delle località a cui è stato possibile assegnare un grado di intensità (*Ntot*) aumenta lievemente utilizzando l'intero dataset (*membership* unite).

1915 Marsica - membership: tipo 2, proprie – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
<i>Ntot</i>	553	553	553	553	553	553
<i>Nsing</i>	526	304	519	530	526	532
<i>Nmul</i>	27	249	34	23	27	21
<i>r.m.s.</i>	0.7642	0.7342	0.8126	0.8589	0.8117	0.8678
<i>d_{abs}</i>	0.5080	0.5373	0.5360	0.5839	0.5460	0.5893
<i>d_{mean}</i>	-0.2526	-0.3720	-0.2807	-0.2852	-0.2608	-0.2580
<i>r_p</i>	0.9140	0.9219	0.9053	0.8995	0.9057	0.8941
<i>r_s</i>	0.9096	0.9201	0.8974	0.8941	0.9039	0.8896

Tabella 4. 14: risultati ottenuti con le *membership* proprie di tipo 2 per il terremoto del 1915.

1915 Marsica - membership: tipo 2, unite – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
<i>Ntot</i>	569	569	569	569	569	569
<i>Nsing</i>	539	305	523	540	545	551
<i>Nmul</i>	30	264	46	29	24	18
<i>r.m.s.</i>	0.6898	0.7055	0.6717	0.7576	0.6937	0.7665
<i>d_{abs}</i>	0.4910	0.5216	0.4764	0.5306	0.4856	0.5350
<i>d_{mean}</i>	-0.2095	-0.3255	-0.2277	-0.2584	-0.2452	-0.2540
<i>r_p</i>	0.9337	0.9316	0.9390	0.9261	0.9355	0.9248
<i>r_s</i>	0.9208	0.9281	0.9290	0.9222	0.9316	0.9190

Tabella 4. 15: risultati ottenuti con le *membership* unite di tipo 2 per il terremoto del 1915.

La **figura 4.13** mostra (grafici della colonna centrale) come il metodo *fuzzy*, ad eccezione del metodo del Centroide, tende maggiormente a discriminare l'intensità eliminando i gradi incerti. Unica eccezione, anche qui, è rappresentata dal grado IV-V che, soprattutto con le *membership* unite, presenta un numero di località simile a quello del CFTI3. Nei grafici della colonna destra si nota come con le *membership* unite le differenze con l'esperto siano minori e come i risultati migliorino (minore dispersione dei residui) con i metodi del Maximin, di Hurwicz e del WPM.

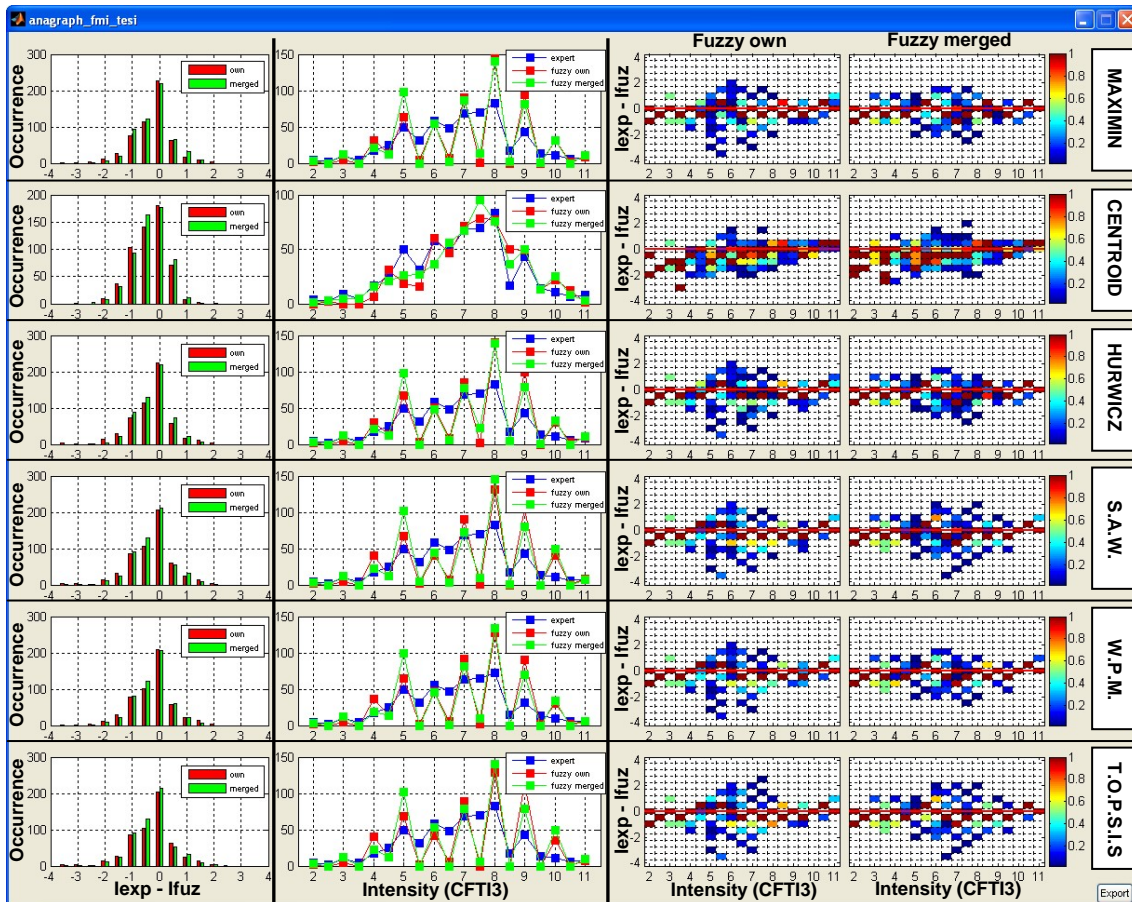


Figura 4.13: risultati ottenuti con *membership* di tipo 2; colonna destra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità fuzzy (I_{fuz}); colonna centrale: numero di località per grado di intensità; colonna sinistra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità fuzzy (I_{fuz}) per grado di intensità utilizzando le *membership* proprie (*own*) e le *membership* unite (*merged*).

Membership di tipo 3

I parametri calcolati (tabb. 4.16, 4.17) indicano un ottimo accordo con l'esperto, con le *membership* proprie che migliora ulteriormente con le *membership* unite. In particolare confrontando i valori ottenuti con *membership* proprie e unite si osserva per quest'ultime: i) un incremento sensibile dello scarto quadratico medio (*r.m.s.*); ii) una leggera diminuzione della differenza media assoluta (d_{abs}); iii) una diminuzione della differenza media (d_{mean}) che raggiunge valori prossimi allo 0; iv) un leggero aumento dei coefficienti di correlazione (r_p e r_s).

1915 Marsica - membership: tipo 3, proprie – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	553	553	553	553	553	553
Nsing	540	303	537	541	541	547
Nmul	13	250	16	12	12	6
r.m.s.	0.7134	0.7159	0.7150	0.7745	0.7371	0.7698
d _{abs}	0.4537	0.5165	0.4600	0.5125	0.4840	0.4980
d _{mean}	-0.2183	-0.3313	-0.2264	-0.2716	-0.2578	-0.2752
r _p	0.9119	0.9238	0.9122	0.8985	0.9070	0.9015
r _s	0.9043	0.9244	0.9067	0.9006	0.9087	0.8996

Tabella 4. 16: risultati ottenuti con le *membership* proprie di tipo 3 per il terremoto del 1915.

1915 Marsica - membership: tipo 3, unite – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	569	569	569	569	569	569
Nsing	566	266	555	563	565	567
Nmul	3	303	14	6	4	2
r.m.s.	0.6041	0.6817	0.5919	0.6377	0.5857	0.6527
d _{abs}	0.4220	0.5032	0.4152	0.4422	0.4101	0.4510
d _{mean}	-0.0891	-0.2420	-0.0941	-0.1462	-0.1428	-0.1497
r _p	0.9381	0.9297	0.9409	0.9338	0.9436	0.9308
r _s	0.9270	0.9269	0.9317	0.9317	0.9433	0.9282

Tabella 4. 17: risultati ottenuti con le *membership* unite di tipo 3 per il terremoto del 1915.

La figura (**fig. 4.14**, istogrammi delle colonne di sinistra e destra) mostra i migliori risultati ottenuti con le *membership* unite in termini di dispersione dei residui attorno allo 0. Anche in questo caso, come per le *membership* di tipo 2, il miglior accordo si ha con i metodi del Maximin, di Hurwicz e del WPM. Ad eccezione del metodo del Centroide, i metodi *fuzzy* tendono a selezionare i gradi interi (**fig. 4.14**, grafici della colonna centrale).

Osservazioni

Nelle tabelle (**4.14**, **4.15**, **4.16** e **4.17**) si osserva un accordo leggermente maggiore per le *membership* di tipo 3. Con l'approccio delle *membership* unite, i coefficienti di correlazione (r_p e r_s) sono gli unici parametri che rimangono sostanzialmente invariati. Il basso valore della differenza media (d_{mean}) rende la correlazione ottenuta con le *membership* di tipo 3 più robusta.

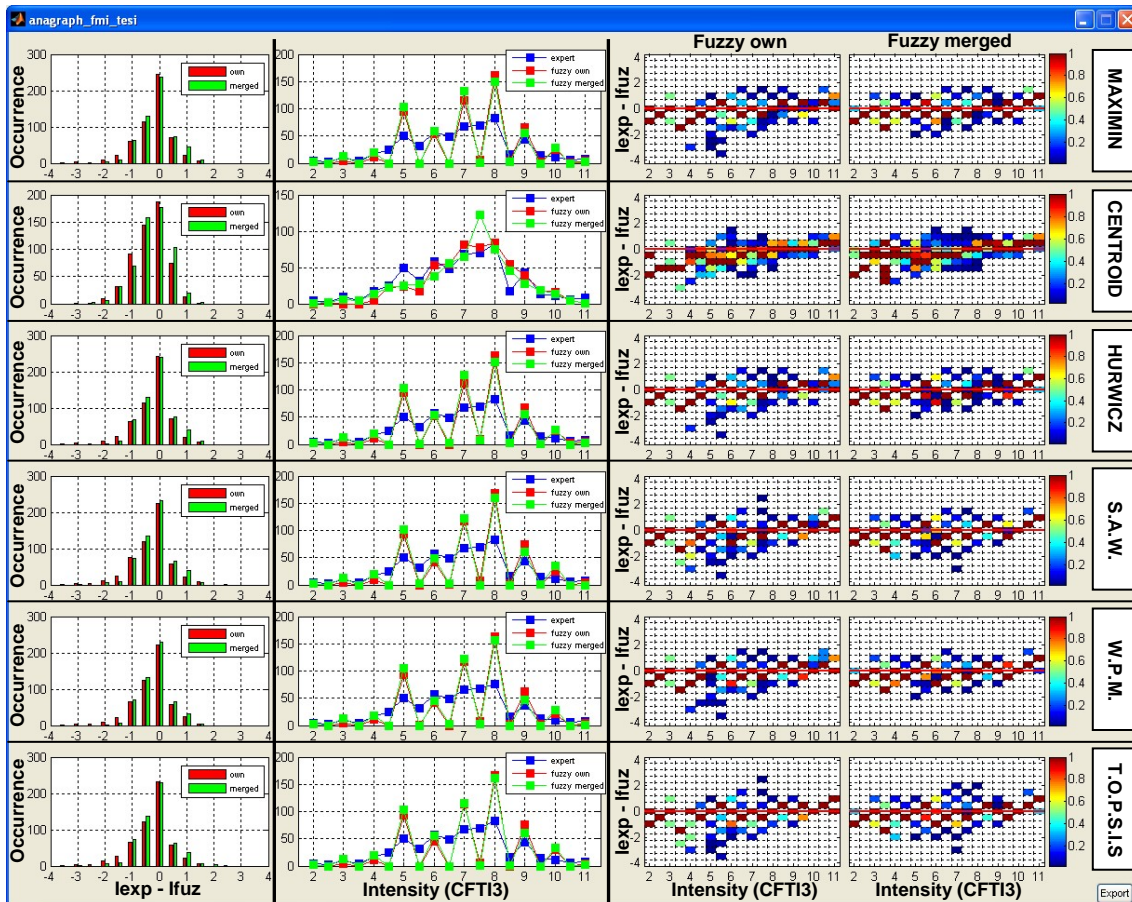


Figura 4. 14: risultati ottenuti con *membership* di tipo 3; colonna destra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità fuzzy (I_{fuz}); colonna centrale: numero di località per grado di intensità; colonna sinistra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità fuzzy (I_{fuz}) per grado di intensità utilizzando le *membership* proprie (*own*) e le *membership* unite (*merged*).

Il maggiore accordo con l'esperto utilizzando le *membership* di tipo 3 è visibile anche nella minor dispersione dei residui (figg. 4.13 e 4.14, grafici delle colonne laterali). Con le *membership* unite di tipo 2, utilizzando i metodi del Maximin, Hurwicz e TOPSIS, la dispersione degli scarti nel grado XI MCS è 0, ovvero tutte le località che nel catalogo CFTI3 hanno intensità XI sono riprodotte nella procedura automatica. Con le *membership* unite di tipo 3, si osserva invece una maggiore tendenza a sottostimare l'intensità XI di 1 grado (fig.4.14, grafici della colonna destra) con tutti i metodi decisionali. Questo evidenzia il limite e la difficoltà, per il terremoto in esame, di riprodurre i gradi con un numero basso di località (in questo caso l'XI) utilizzando le *membership* di tipo 3.

4.3.1.4 Santa Sofia, 10 novembre 1918

Introduzione

L'epicentro del terremoto del 10 novembre 1918 (15:12 GMT) viene localizzato dal catalogo CFTI3, a 43.92 gradi di latitudine Nord e 11.93 gradi di longitudine Est (**fig. 4.15**) con I_0 pari a IX MCS.

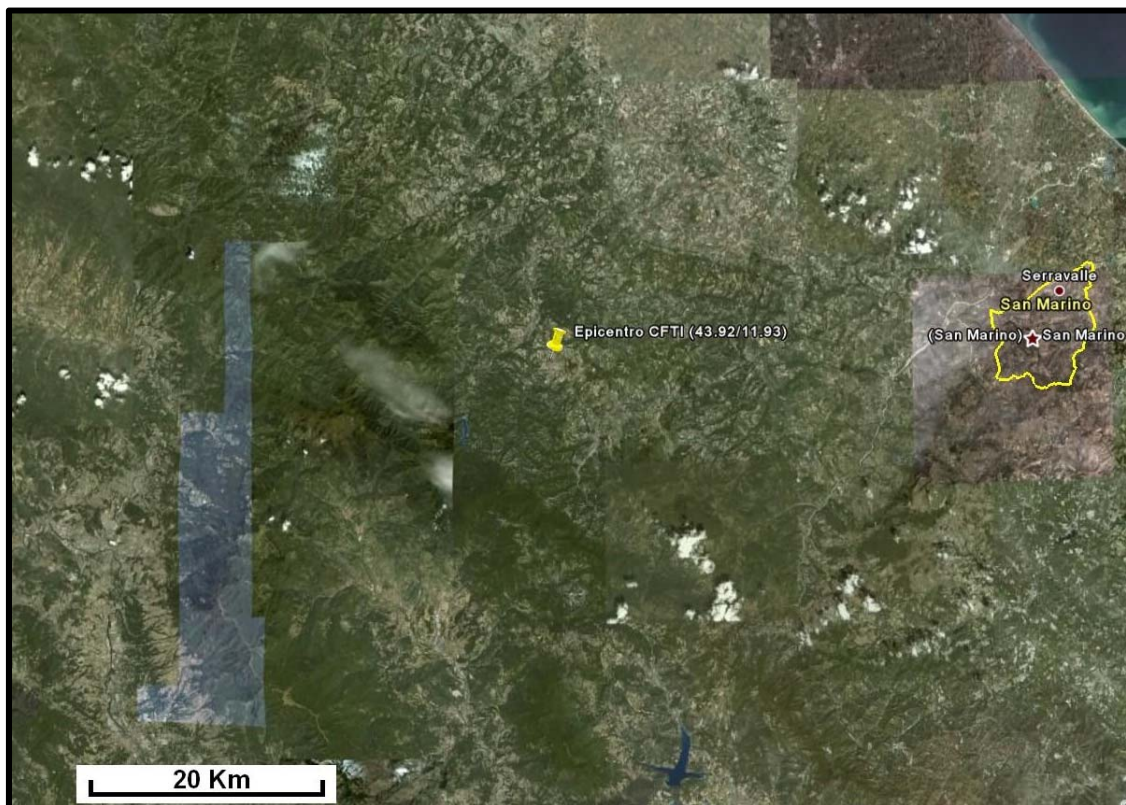


Figura 4. 15: zona ed epicentro del terremoto del 10 novembre 1918.

L'evento fu preceduto da una forte scossa vicina (val Tiberina) avvenuta il 2 dicembre 1917, che causò qualche danno al patrimonio edilizio, in parte dunque già deteriorato al momento della scossa del 10 novembre 1918. I danni furono gravissimi a Santa Sofia (FC), il paese più colpito, a Mortano (FC), a San Piero in Bagno (FC) e a Bagno di Romagna (FC). In queste località tutte le case, anche le più

solide, subirono crolli interni e divennero inabitabili; moltissime divennero pericolanti.

Membership di tipo 2

Le tabelle (tab. 4.18 e tab. 4.19) mostrano un accordo non buono con il giudizio dell'esperto utilizzando le *membership* proprie, ad eccezione del metodo del Centroide, mentre le *membership* unite cambiano molto lo scenario, migliorando sensibilmente la correlazione. Per quanto attiene in particolare il metodo del Centroide con *membership* proprie, si osserva comunque uno scarto quadratico medio (*r.m.s.*), una differenza media assoluta (d_{abs}) e una differenza media (d_{mean}) elevate. Quest'ultima è molto prossima ad un valore negativo di mezzo grado. Ciò potrebbe significare una tendenza del metodo a sottostimare costantemente le intensità dell'esperto, innalzando così il valore dei coefficienti di correlazione (r_p e r_s).

1918 Santa Sofia – membership: tipo 2, proprie – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	59	59	59	59	59	59
Nsing	57	19	44	59	59	59
Nmul	2	40	15	0	0	0
r.m.s.	1.7624	0.9365	1.6442	1.9443	1.7672	1.8877
d_{abs}	1.1441	0.7542	1.1356	1.4209	1.1780	1.3814
d_{mean}	-0.7712	-0.5339	-0.7119	-0.7599	-0.6525	-0.6186
r_p	0.6554	0.8492	0.6819	0.5701	0.6339	0.5854
r_s	0.6301	0.8326	0.6821	0.5478	0.6232	0.5696

Tabella 4. 18: risultati ottenuti con le *membership* proprie di tipo 2 per il terremoto del 1918.

1918 Santa Sofia – membership: tipo 2, unite – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	59	59	59	59	59	59
Nsing	55	37	58	59	58	55
Nmul	4	22	1	0	1	4
r.m.s.	0.7892	0.8611	0.7865	0.7619	0.7706	0.8104
d_{abs}	0.5000	0.7034	0.5085	0.5000	0.5089	0.5339
d_{mean}	-0.0254	-0.3136	0.0000	0.0424	0.0446	-0.0254
r_p	0.8675	0.8436	0.8682	0.8666	0.8398	0.8571
r_s	0.8663	0.7810	0.8698	0.8590	0.8594	0.8531

Tabella 4. 19: risultati ottenuti con le *membership* unite di tipo 2 per il terremoto del 1918.

La **figura 4.16** mette in luce i netti miglioramenti che si hanno con le *membership* unite rispetto alle proprie in termini di distribuzione degli scarti (grafici delle colonne laterali).

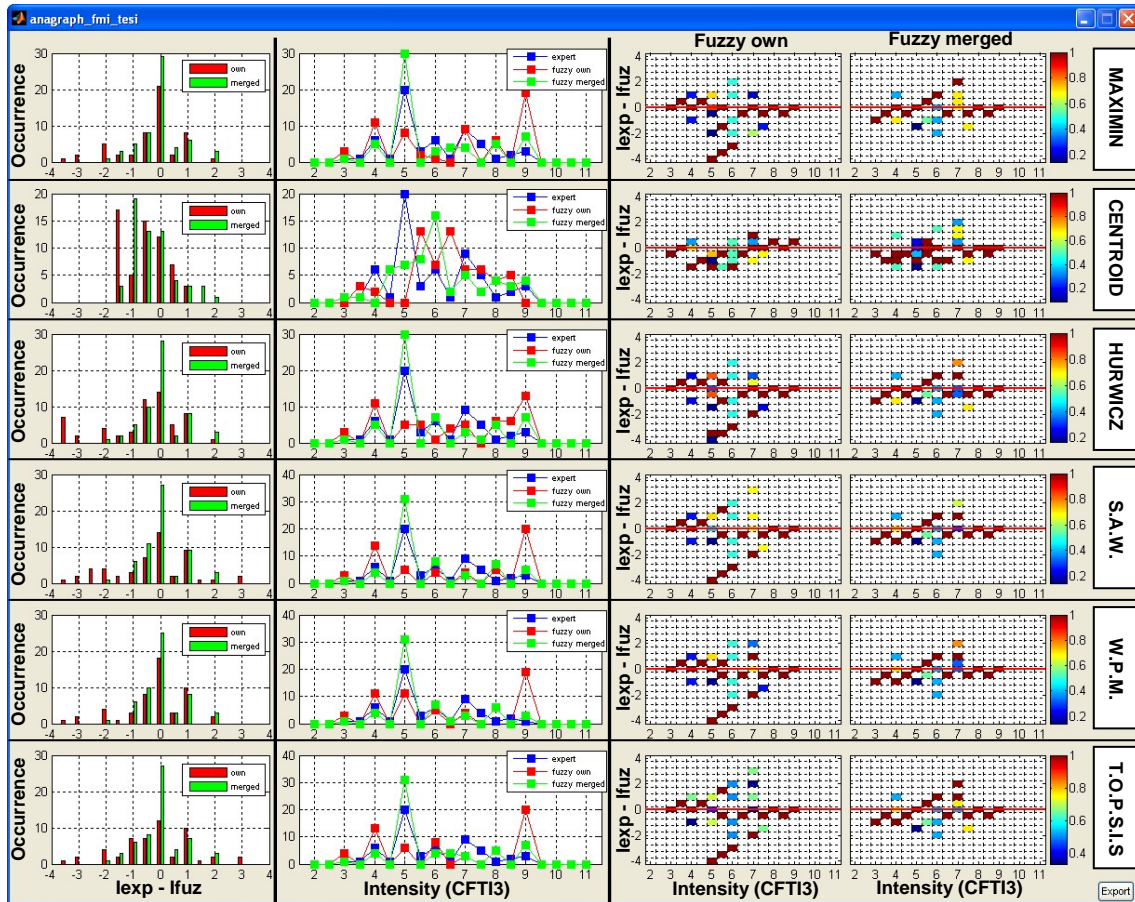


Figura 4.16: risultati ottenuti con *membership* di tipo 2; colonna destra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità fuzzy (I_{fuz}); colonna centrale: numero di località per grado di intensità; colonna sinistra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità fuzzy (I_{fuz}) per grado di intensità utilizzando le *membership* proprie (*own*) e le *membership* unite (*merged*).

Membership di tipo 3

I risultati con le *membership* proprie (**tab. 4.20**) descrivono un accordo con l'esperto complessivamente inferiore rispetto a quello ottenuto con le *membership* unite (**tab. 4.21**). Analizzando, ad esempio, l'andamento in termini di scarto quadratico medio ($r.m.s$) si osserva un leggero miglioramento, mentre la differenza media (d_{mean}) ha comportamenti differenti (aumenta o diminuisce) a seconda dei metodi.

1918 Santa Sofia – membership: tipo 3, proprie – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	59	59	59	59	59	59
Nsing	55	16	53	57	57	57
Nmul	4	43	6	2	2	2
r.m.s.	0.9545	0.9252	0.9589	1.0795	0.9807	1.1028
d _{abs}	0.5678	0.7458	0.5678	0.6864	0.6017	0.6864
d _{mean}	-0.2797	-0.5085	-0.2458	-0.0763	-0.1610	-0.1441
r _p	0.8487	0.8478	0.8445	0.7914	0.8320	0.7891
r _s	0.8448	0.8227	0.8470	0.7804	0.8292	0.7791

Tabella 4. 20: risultati ottenuti con le *membership* proprie di tipo 3 per il terremoto del 1918.

1918 Santa Sofia – membership: tipo 3, unite – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	59	59	59	59	59	59
Nsing	56	27	51	51	56	57
Nmul	3	32	8	8	3	2
r.m.s.	0.7919	0.9275	0.8758	0.8758	0.7987	0.9633
d _{abs}	0.5254	0.7542	0.5847	0.6017	0.5517	0.6356
d _{mean}	-0.1864	-0.3814	-0.2288	-0.2627	-0.2069	-0.2966
r _p	0.8642	0.8216	0.8374	0.8329	0.8487	0.8042
r _s	0.8264	0.7580	0.8144	0.7988	0.8173	0.7709

Tabella 4. 21: risultati ottenuti con le *membership* unite di tipo 3 per il terremoto del 1918.

La figura (**fig. 4.17**) evidenzia i principali parametri di confronto tra i risultati ottenuti con le *membership* unite e con le proprie. In particolare per quanto riguarda la distribuzione dei residui (colonne a destra e sinistra), l'uso di *membership* unite riduce molto la dispersione.

Osservazioni

L'accordo con l'esperto è maggiore utilizzando le *membership* di tipo 3 con le proprie. Con l'approccio delle *membership* unite, i parametri utilizzati per il confronto (**tabb. 4.18, 4.19, 4.20 e 4.21**) sono leggermente migliori con le *membership* di tipo 2.

L'evento analizzato ha un numero di località di gran lunga inferiore a quelle analizzate nel CFTI3. Questo perché nel catalogo la stima dell'intensità di molte località è stata effettuata attraverso l'impiego di perizie tecniche relative al danneggiamento arrecato dal terremoto, principalmente costituite da notizie d'interventi e di

riparazioni successive delle strutture colpite, che non è stato possibile utilizzare. Infatti, vengono fornite indicazioni di interventi di restauro senza specificare il tipo di danno, che deve pertanto essere dedotto. Questo tipo di informazione, senza l'ausilio di un esperto, risulta ancora non traducibile in una descrizione utile per la procedura automatica, sebbene siano allo studio schede strutturate in analogia alla codifica in 5 componenti logico/sintattiche proposta, da applicare sia ad immagini e fotografie che a descrizioni di danno indiretto.

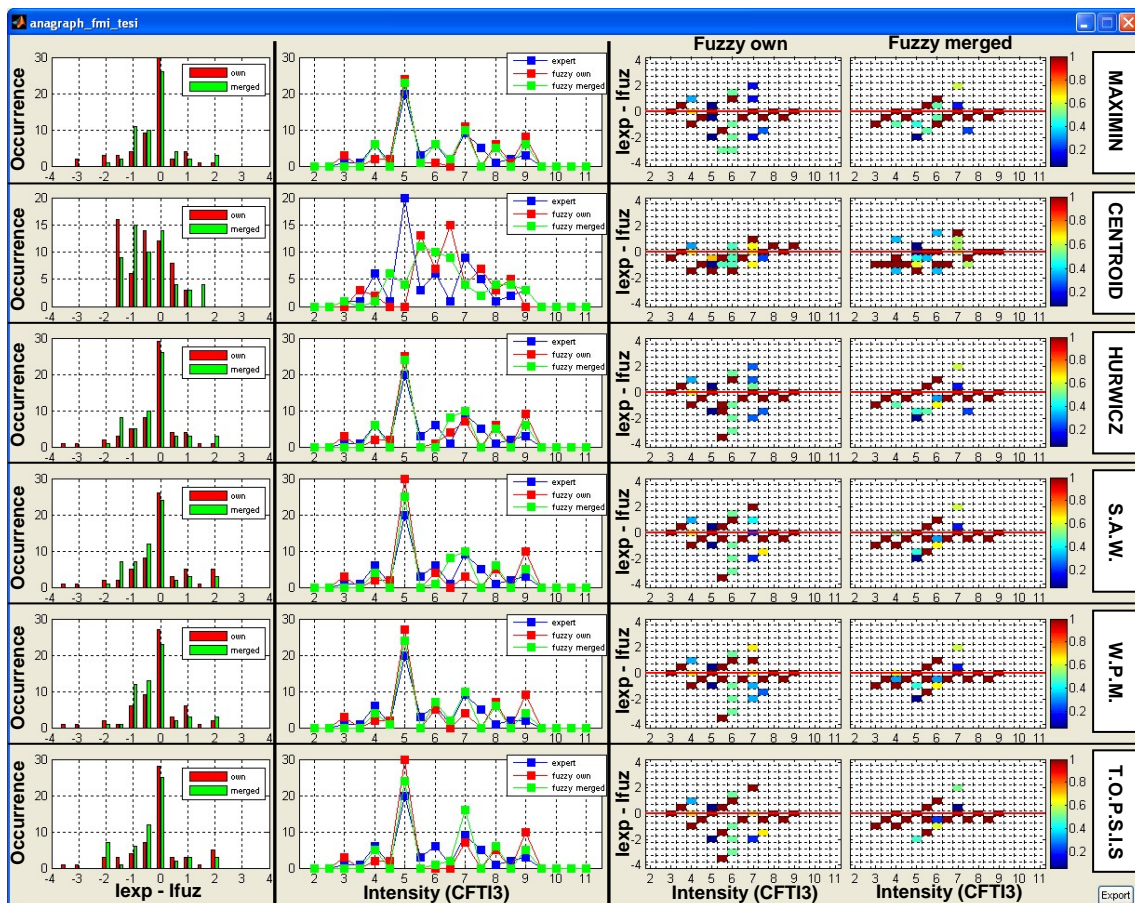


Figura 4. 17: risultati ottenuti con *membership* di tipo 3; colonna destra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità *fuzzy* (I_{fuz}); colonna centrale: numero di località per grado di intensità; colonna sinistra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità *fuzzy* (I_{fuz}) per grado di intensità utilizzando le *membership* proprie (*own*) e le *membership* unite (*merged*).

4.3.1.5 Mugello, 29 giugno 1919

Introduzione

L'area epicentrale dell'evento del 29 giugno 1919 (15:06 GMT) è localizzata nel Mugello, a nord di Firenze. Furono colpiti anche paesi del Casentino, in provincia di Arezzo, e del versante romagnolo dell'Appennino nell'area denominata all'epoca "Romagna Toscana", che in parte rientrava nelle attuali provincie di Firenze e di Forlì. L'epicentro del CFTI3 è di 43.95 gradi latitudine Nord e 11.48 gradi longitudine Est (**fig. 4.18**) con intensità epicentrale (I_0) di X MCS. Il numero relativamente basso di vittime è dovuto alle circostanze fortuite di orario (17 circa locali), giorno e periodo (domenica d'estate, giorno di festa nazionale, San Pietro e Paolo). Questo fece sì che molte persone fossero all'aperto al momento della scossa.

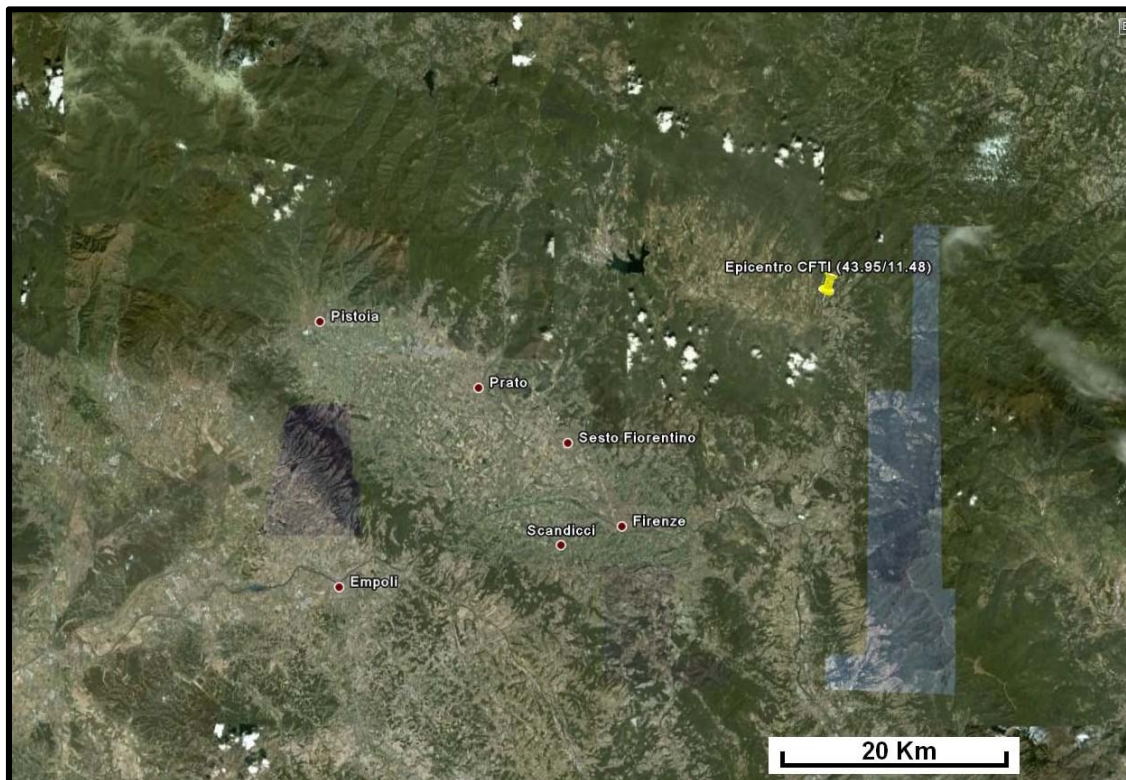


Figura 4. 18: zona ed epicentro del terremoto del 29 giugno 1919.

Membership di tipo 2

I risultati (**tab. 4.22** e **tab. 4.23**) ottenuti con le *membership* sia proprie che unite mostrano un ottimo accordo con il giudizio dell'esperto. La differenza media assoluta (d_{abs}) è vicina a 0.3, valore molto basso rispetto anche alla media nei restanti eventi analizzati. Nelle unite c'è un lieve incremento del numero totale di località analizzate (N_{tot}). I coefficienti di correlazione sono molto elevati, raggiungendo, con le *membership* unite, valori pari a circa 0.96.

1919 Mugello – membership: tipo 2, proprie – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
N_{tot}	304	304	304	304	304	304
N_{sing}	297	156	288	301	299	299
N_{mul}	7	148	16	3	5	5
r.m.s.	0.6998	0.6154	0.6886	0.7266	0.7101	0.7465
d_{abs}	0.3720	0.3809	0.3539	0.4016	0.3804	0.4115
d_{mean}	-0.1813	-0.2059	-0.1763	-0.1780	-0.1676	-0.2010
r_p	0.9352	0.9450	0.9364	0.9299	0.9322	0.9284
r_s	0.9447	0.9430	0.9450	0.9402	0.9453	0.9395

Tabella 4. 22: risultati ottenuti con le *membership* proprie di tipo 2 per il terremoto del 1919.

1919 Mugello – membership: tipo 2, unite – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
N_{tot}	315	315	315	315	315	315
N_{sing}	305	151	302	304	305	308
N_{mul}	10	164	13	11	10	7
r.m.s.	0.5566	0.6737	0.5728	0.6851	0.5895	0.6853
d_{abs}	0.3470	0.4676	0.3517	0.4195	0.3631	0.4226
d_{mean}	-0.1813	-0.3432	-0.2051	-0.2453	-0.2229	-0.2294
r_p	0.9635	0.9475	0.9634	0.9503	0.9628	0.9495
r_s	0.9609	0.9505	0.9635	0.9554	0.9638	0.9544

Tabella 4. 23: risultati ottenuti con le *membership* unite di tipo 2 per il terremoto del 1919.

Anche se dalle statistiche visualizzate nelle tabelle traspare una minima differenza tra l'utilizzo di *membership* proprie e unite, si può vedere nella **figura 4.19**, come gli scarti per gradi di intensità (grafici della colonna destra) siano molto più raccolti attorno al valore 0 soprattutto nei metodi Maximin, Hurwicz e WPM. Negli altri casi, invece, nel confronto tra *membership* proprie ed unite, si osserva una diminuzione della dispersione dei residui con un

andamento incostante, tuttavia, per alcuni metodi (SAW e TOPSIS). Per questi ultimi, infatti, si osserva uno spostamento dei residui verso valori negativi (sovraslima del metodo *fuzzy*) negli intervalli dei gradi II-IV e VI-VIII.

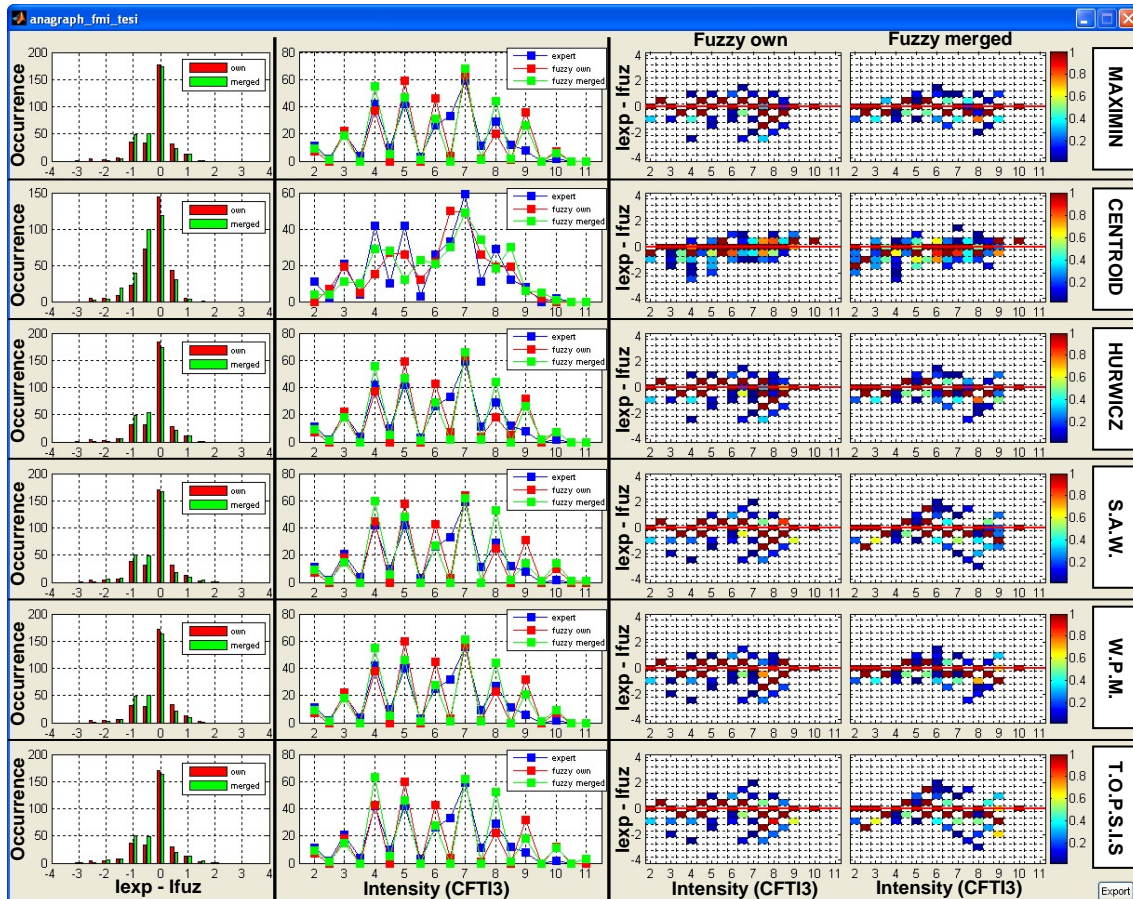


Figura 4. 19: risultati ottenuti con *membership* di tipo 2; colonna destra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità *fuzzy* (I_{fuz}); colonna centrale: numero di località per grado di intensità; colonna sinistra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità *fuzzy* (I_{fuz}) per grado di intensità utilizzando le *membership* proprie (*own*) e le *membership* unite (*merged*).

Membership di tipo 3

L'accordo con il giudizio dell'esperto è ottimo utilizzando sia le *membership* proprie (tab. 4.24) sia le unite (tab. 4.25). Il numero di località per cui è stato possibile stimare l'intensità (N_{tot}) è maggiore con le *membership* unite. I risultati sono lievemente migliori utilizzando le *membership* proprie: la differenza media assoluta (d_{abs}) scende, nel Maximin e nel WPM, sotto il valore 0.3; questo, unito ad

una differenza media (d_{mean}) quasi nulla e ad elevato coefficiente di correlazione (sia r_p che r_s) si traduce in una riproduzione quasi perfetta del metodo classico di stima dell'intensità.

1919 Mugello – membership: tipo 3, proprie – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	305	305	305	305	305	305
Nsing	297	157	297	305	301	305
Nmul	8	148	8	0	4	0
r.m.s.	0.5086	0.6243	0.5300	0.5760	0.5243	0.5731
d_{abs}	0.2954	0.3846	0.3020	0.3315	0.2980	0.3282
d_{mean}	-0.0266	-0.2167	-0.0430	-0.0495	-0.0505	-0.0561
r_p	0.9585	0.9449	0.9552	0.9469	0.9565	0.9480
r_s	0.9583	0.9431	0.9551	0.9482	0.9591	0.9498

Tabella 4. 24: risultati ottenuti con le *membership* proprie di tipo 3 per il terremoto del 1919.

1919 Mugello – membership: tipo 3, unite – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	315	315	315	315	315	315
Nsing	309	153	306	309	305	312
Nmul	6	162	9	6	10	3
r.m.s.	0.5182	0.6747	0.5355	0.5416	0.5199	0.5722
d_{abs}	0.3152	0.4670	0.3200	0.3241	0.3040	0.3448
d_{mean}	-0.1622	-0.3432	-0.1765	-0.1908	-0.1653	-0.1765
r_p	0.9630	0.9468	0.9610	0.9607	0.9623	0.9555
r_s	0.9602	0.9492	0.9607	0.9589	0.9610	0.9544

Tabella 4. 25: risultati ottenuti con le *membership* unite di tipo 3 per il terremoto del 1919.

La figura (4.20) mostra differenze minime tra i risultati ottenuti con le *membership* proprie e quelli ottenuti con *membership* unite. Utilizzando le prime, tuttavia, l'accordo nel grado X (I_{max}) è minore (grafici della colonna destra).

Osservazioni

Confrontando le *membership* di tipo 2 (fig. 4.19, grafici della colonna destra) con quelle di tipo 3 (fig. 4.20, grafici della colonna destra), si nota una minor dispersione degli scarti per gradi di intensità nel tipo 3: la dispersione dei residui diviene simmetrica rispetto allo 0 per i gradi alti, mentre permane una leggera sovrastima (valori negativi) nei gradi tra II e IV in quasi tutti i metodi. Si può

notare anche come il numero di località per gradi di intensità viene fittato maggiormente dalle *membership*, proprie e unite, di tipo 3 (fig. 4.20, grafici della colonna centrale).

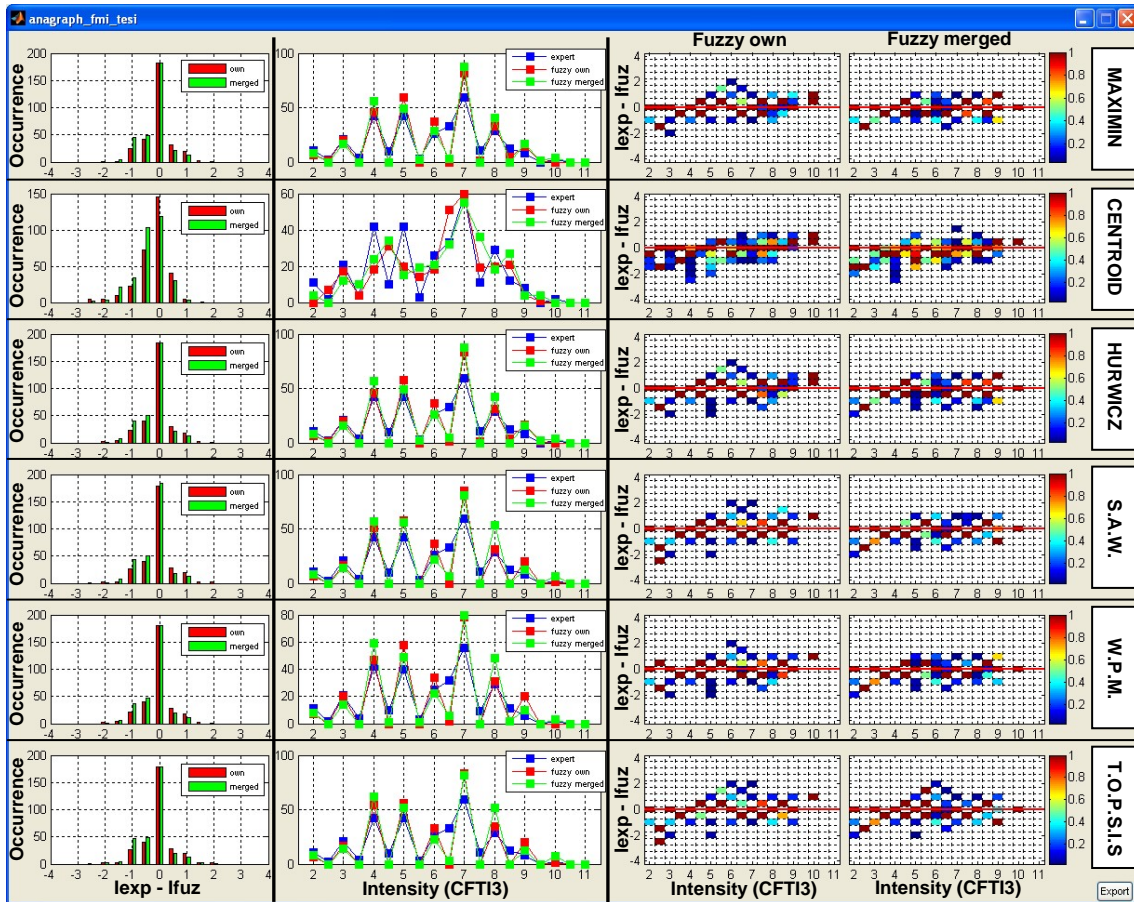


Figura 4. 20: risultati ottenuti con *membership* di tipo 3; colonna destra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità fuzzy (I_{fuz}); colonna centrale: numero di località per grado di intensità; colonna sinistra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità fuzzy (I_{fuz}) per grado di intensità utilizzando le *membership* proprie (*own*) e le *membership* unite (*merged*).

4.3.1.6 Garfagnana, 7 settembre 1920

Introduzione

Secondo il CFTI3 l'epicentro macrosismico è 44.18 gradi di latitudine Nord e 10.28 gradi di longitudine Est (fig. 4.21). L'intensità epicentrale è pari a X MCS.

La scossa principale, avvenuta il 7 settembre 1920 alle ore 5:56 GMT, causò effetti distruttivi in un'area di circa 160 kmq estesa dalla Lunigiana alla Garfagnana. I villaggi di Capraia, Montecurto, Vigneta e Villa Collemantina furono distrutti quasi completamente. L'area dei danni fu molto vasta e comprese la Riviera ligure di levante, la Versilia, le zone montane del Parmense, del Modenese, del Pistoiese e la provincia di Pisa. L'area di risentimento si estese dalla Costa Azzurra al Friuli e, a sud, a tutta la Toscana, all'Umbria e alle Marche settentrionali. Il numero di vittime fu relativamente basso, probabilmente per un *foreshock* il giorno precedente la scossa principale che spaventò la popolazione, spingendola a dormire all'aperto. La mattina del 7 settembre gli uomini si recarono a lavorare e le poche vittime si registrarono tra donne e bambini che tornarono nelle proprie case.

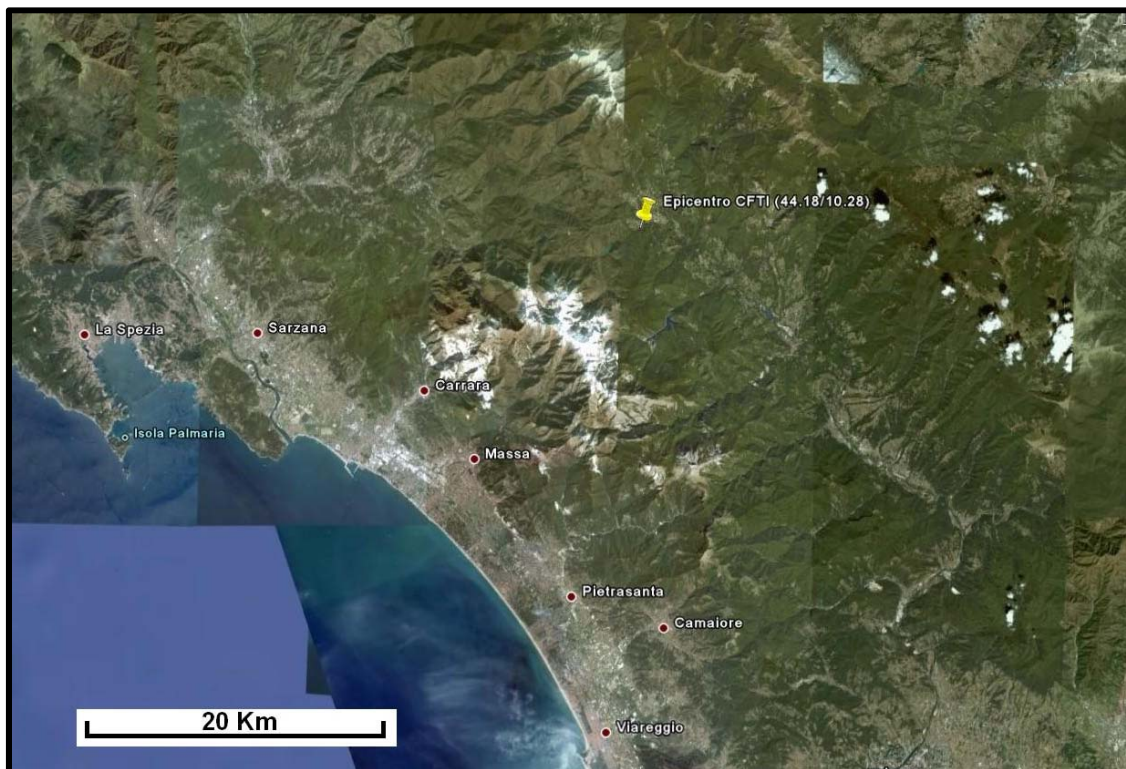


Figura 4. 21: zona ed epicentro del terremoto del 7 settembre 1920.

Membership di tipo 2

I risultati (tab. 4.26 e tab. 4.27) raggiunti con le *membership* proprie e con quelle unite di tipo 2 sono sostanzialmente identici ed esprimono un ottimo accordo con il giudizio dell'esperto. Unica differenza è l'incremento del numero totale di località (*Ntot*) con l'approccio delle *membership* unite.

1920 Garfagnana – membership: tipo 2, proprie – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
<i>Ntot</i>	435	435	435	435	435	435
<i>Nsing</i>	432	212	432	433	431	434
<i>Nmul</i>	3	223	3	2	4	1
<i>r.m.s.</i>	0.7548	0.6565	0.7487	0.8264	0.7702	0.8212
<i>d_{abs}</i>	0.4543	0.4469	0.4451	0.5037	0.4537	0.5002
<i>d_{mean}</i>	-0.1205	-0.1664	-0.1182	-0.1009	-0.1160	-0.1067
<i>r_p</i>	0.9379	0.9478	0.9391	0.9255	0.9355	0.9267
<i>r_s</i>	0.9376	0.9446	0.9384	0.9253	0.9342	0.9261

Tabella 4. 26: risultati ottenuti con le *membership* proprie di tipo 2 per il terremoto del 1920.

1920 Garfagnana – membership: tipo 2, unite – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
<i>Ntot</i>	447	447	447	447	447	447
<i>Nsing</i>	431	209	433	434	433	438
<i>Nmul</i>	16	238	14	13	14	9
<i>r.m.s.</i>	0.7749	0.7112	0.7984	0.8620	0.7879	0.8768
<i>d_{abs}</i>	0.4584	0.4629	0.4673	0.5177	0.4523	0.5221
<i>d_{mean}</i>	-0.0982	-0.2056	-0.1161	-0.1329	-0.1398	-0.1262
<i>r_p</i>	0.9333	0.9407	0.9311	0.9216	0.9351	0.9199
<i>r_s</i>	0.9329	0.9380	0.9318	0.9246	0.9348	0.9226

Tabella 4. 27: risultati ottenuti con le *membership* unite di tipo 2 per il terremoto del 1920.

Le scarse differenze tra i risultati ottenuti con le *membership* unite e con le proprie sono illustrati anche nella **figura 4.22**. Nei grafici della colonna destra si nota come le differenze siano più che altro legate a singoli gradi (ad esempio il III). In generale le *membership* unite non modificano, anche in termini di dispersione dei residui, i risultati ottenuti con le *membership* proprie. Da evidenziare la quasi totale discriminazione dell'intensità con eliminazione dei gradi intermedi che giustifica i valori nelle differenze statistiche: *d_{abs}*

intorno a 0.5 gradi e d_{mean} molto basse, indice di una probabile ripartizione simmetrica dei gradi incerti sui gradi interi adiacenti.

Sia per le *membership* unite che per le proprie la distribuzione degli scarti per il metodo del Centroide mostra un andamento negativo nei gradi bassi e positivo nei gradi alti.

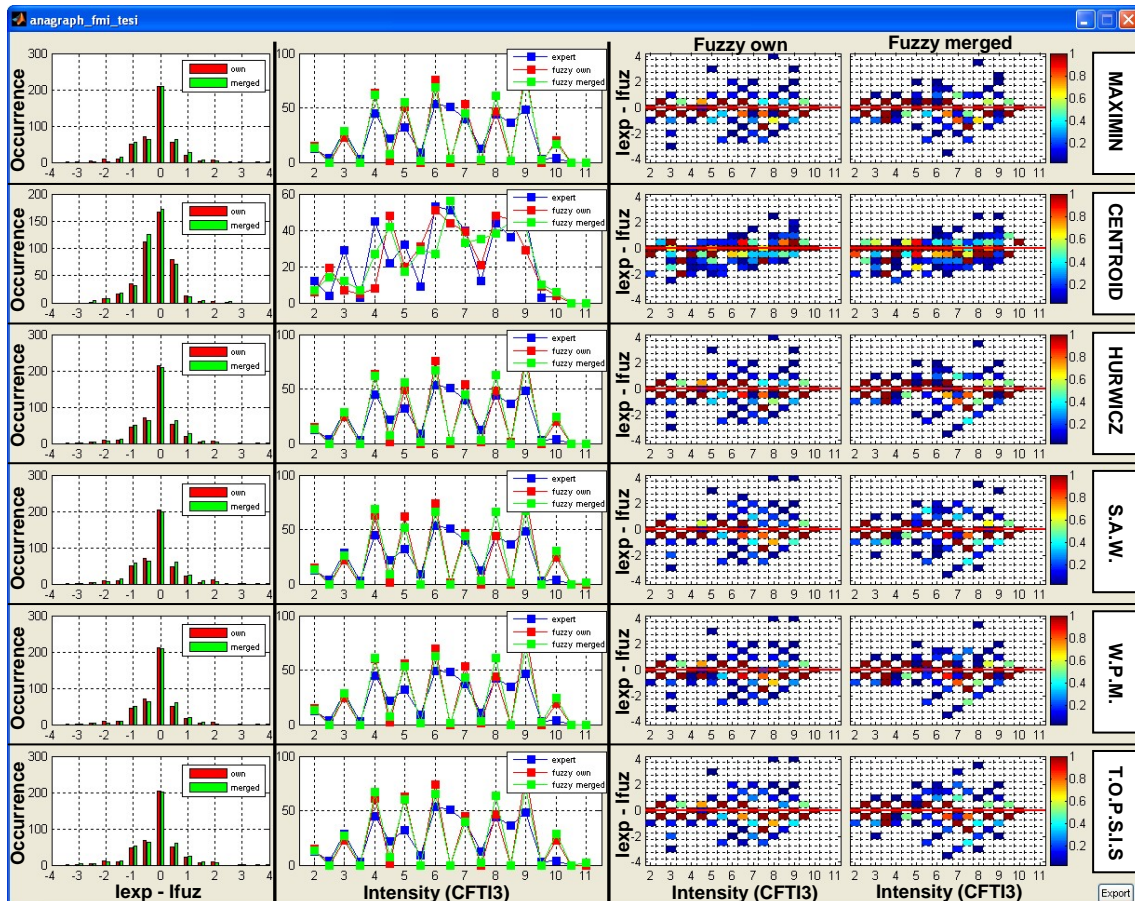


Figura 4. 22: risultati ottenuti con *membership* di tipo 2; colonna destra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità fuzzy (I_{fuz}); colonna centrale: numero di località per grado di intensità; colonna sinistra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità fuzzy (I_{fuz}) per grado di intensità utilizzando le *membership* proprie (*own*) e le *membership* unite (*merged*).

Membership di tipo 3

Per quanto riguarda le *membership* unite si registra (tabb. 4.28, 4.29), rispetto a quanto ottenuto con le proprie, un leggero miglioramento per tutti i parametri e un aumento del numero di località analizzate.

1920 Garfagnana – membership: tipo 3, proprie – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	435	435	435	435	435	435
Nsing	428	225	427	429	426	431
Nmul	7	210	8	6	9	4
r.m.s.	0.7182	0.6630	0.7138	0.7658	0.7279	0.7620
d_{abs}	0.4198	0.4366	0.4140	0.4577	0.4223	0.4577
d_{mean}	-0.0952	-0.1814	-0.0986	-0.0871	-0.0986	-0.0986
r_p	0.9392	0.9481	0.9401	0.9303	0.9382	0.9317
r_s	0.9354	0.9464	0.9359	0.9273	0.9338	0.9287

Tabella 4. 28: risultati ottenuti con le *membership* proprie di tipo 3 per il terremoto del 1920.

1920 Garfagnana – membership: tipo 3, unite – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	447	447	447	447	447	447
Nsing	436	201	441	442	440	446
Nmul	11	246	6	5	7	1
r.m.s.	0.6488	0.6674	0.6527	0.7026	0.6309	0.7183
d_{abs}	0.3857	0.4271	0.3913	0.4327	0.3759	0.4416
d_{mean}	-0.0389	-0.1519	-0.0423	-0.0591	-0.0714	-0.0322
r_p	0.9475	0.9456	0.9471	0.9399	0.9514	0.9370
r_s	0.9456	0.9457	0.9450	0.9398	0.9485	0.9368

Tabella 4. 29: risultati ottenuti con le *membership* unite di tipo 3 per il terremoto del 1920.

La distribuzione degli scarti (fig. 4.23, grafici delle colonne laterali) è sostanzialmente identica utilizzando le *membership* proprie e le unite. In generale valgono le stesse considerazioni del caso precedente con *membership* di tipo 2, ma sono messi in evidenza locali dispersioni dei residui in singoli gradi.

Osservazioni

Il giudizio dell'esperto viene riprodotto meglio con le *membership* di tipo 3 (tabb. 4.26, 4.27, 4.28, 4.29). Questo risultato è visibile soprattutto con le *membership* unite: per ogni metodo decisionale utilizzato, lo scarto quadratico medio (*r.m.s.*), la differenza media assoluta (d_{abs}) e la differenza media (d_{mean}) sono sensibilmente inferiori e i coefficienti di correlazione (r_p e r_s) sono maggiori. Confrontando, invece, la distribuzione degli scarti per grado di intensità (figg. 4.22 e 4.23, grafici della colonna destra) ottenuti con le *membership* unite, si nota come con le *membership* di tipo 2 ci sia

generalmente un migliore accordo con l'esperto nel grado X (I_{max}) e nei gradi inferiori ($< IV$ MCS) e un accordo peggiore nei gradi intermedi (dal V al IX).

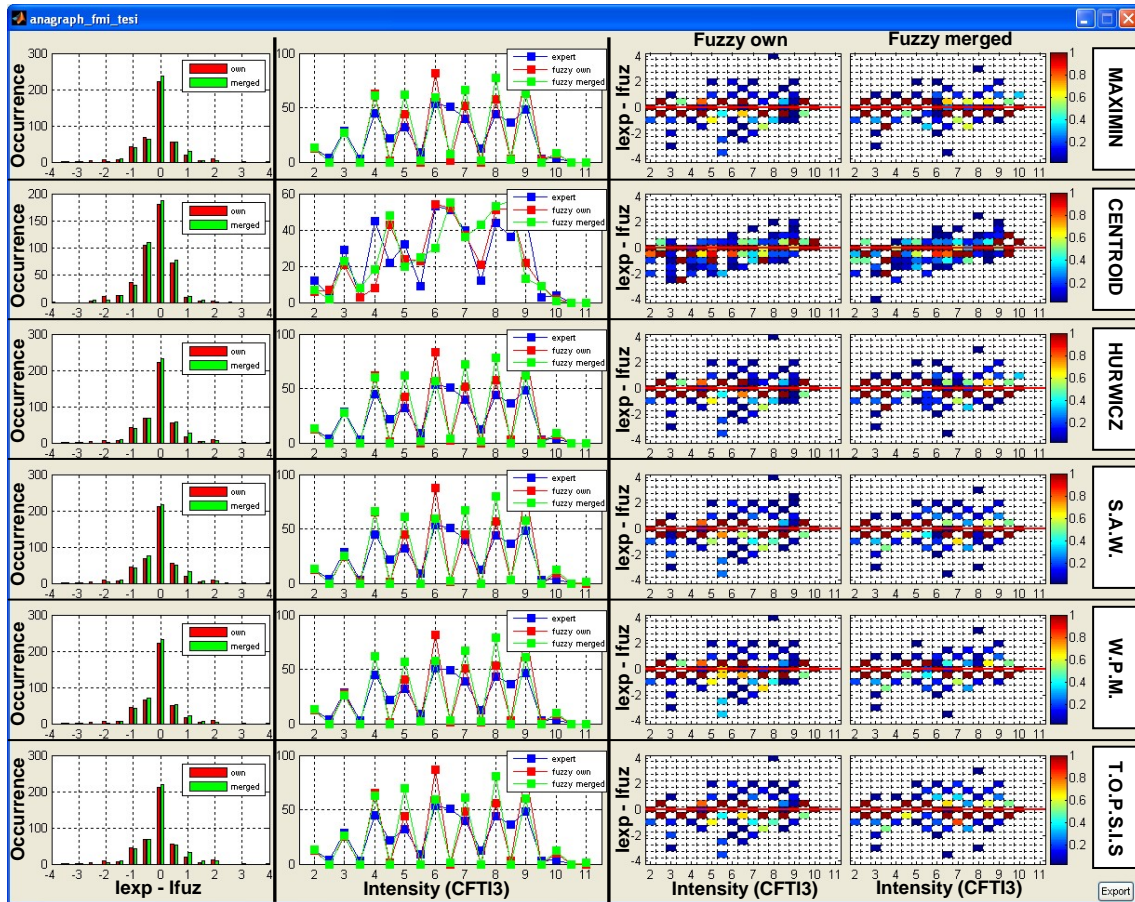


Figura 4. 23: risultati ottenuti con *membership* di tipo 3; colonna destra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità *fuzzy* (I_{fuz}); colonna centrale: numero di località per grado di intensità; colonna sinistra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità *fuzzy* (I_{fuz}) per grado di intensità utilizzando le *membership* proprie (*own*) e le *membership* unite (*merged*).

4.3.1.7 Irpinia, 23 luglio 1930

Introduzione

La scossa del 23 luglio 1930 (0:08 GMT) colpì un'area di oltre 6.000 kmq compresa tra il fiume Liri, la zona meridionale della Campania, il Biferno e le Murge, comprendente le zone dell'alta

Irpinia, del Vulture, del Sannio, del Salernitano, del Napoletano, del Materano e dell'alta Puglia.

La scossa ebbe i suoi massimi effetti nella zona montuosa compresa tra Melfi e Ariano Irpino, nelle province di Benevento, Avellino e Foggia. Le distruzioni furono aggravate dalla scarsa qualità degli edifici. In 68 paesi delle province di Avellino, Potenza, Foggia, Benevento e Salerno furono riscontrati crolli e lesioni profonde. Nel CFTI3 l'epicentro macrosismico viene localizzato a 41.98 gradi di latitudine Nord e 13.65 gradi di Longitudine Est (**fig. 4.24**).

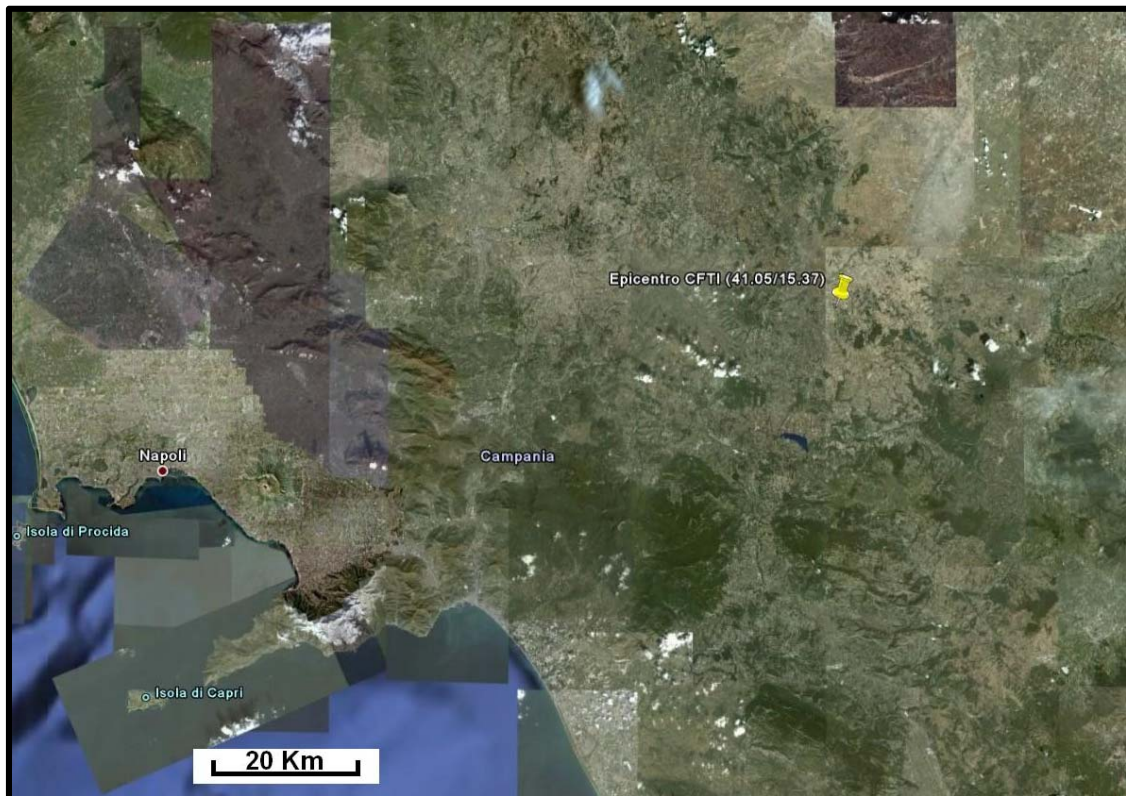


Figura 4. 24: zona ed epicentro del terremoto del 23 luglio 1930.

I danni più gravi risultano localizzati nel paese di Ariano Irpino (provincia di Avellino), a Melfi (provincia di Potenza), Rapolla e Rionero in Vulture (entrambi in provincia di Potenza).

Le distruzioni furono aggravate dalla scarsa qualità del patrimonio edilizio e dalla sua alta vulnerabilità sismica. Gli edifici maggiormente lesionati erano costruiti con ciottoli di fiume e malte di scarsa qualità o addirittura fango [Alfano, 1931]. L'area di risentimento fu vasta, estesa verso nord fino alle province di Brescia e di Vicenza e in direzione sud fino alle province di Catanzaro e di Lecce.

Questo terremoto, per numero e vastità delle distruzioni, si delinea come uno dei più grandi eventi sismici del Novecento ed ha profondamente condizionato la vita economica e sociale di intere popolazioni dell'Italia meridionale.

Il relativamente basso numero di morti rispetto alla distruzione quasi totale di interi centri abitati è dovuto a circostanze fortuite, come la massiccia presenza della popolazione in campagna (spesso a dormire all'aperto) per l'operazione di trebbiatura del grano.

Le fonti analizzate sono molte e ricche di informazioni utili all'indagine macrosismica. Sono stati analizzati telegrammi, documenti amministrativi, studi coevi, studi postumi e cartoline macrosismiche.

Membership di tipo 2

Le tabelle (4.30, 4.31) mostrano un buon accordo con il metodo dell'esperto per tutti i metodi utilizzati. Con le *membership* unite si ha un miglioramento leggero per il coefficiente di correlazione parametrico (r_p) e la differenza media (d_{mean}), più consistente per la differenza media assoluta (d_{abs}), lo scarto quadratico medio ($r.m.s.$) e il coefficiente di correlazione non parametrico (r_s). Utilizzando le unite c'è un aumento del numero di località a cui è stato possibile assegnare l'intensità (N_{tot}).

1930 Irpinia – membership: tipo 2, proprie – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	387	387	387	387	387	387
Nsing	384	229	383	386	382	387
Nmul	3	158	4	1	5	0
r.m.s.	1.0185	0.7751	1.0321	1.0614	1.0679	1.0488
d _{abs}	0.6685	0.5535	0.6879	0.7408	0.7239	0.7111
d _{mean}	-0.2540	-0.2527	-0.2966	-0.3367	-0.3183	-0.2889
r _p	0.8344	0.8846	0.8362	0.8434	0.8378	0.8383
r _s	0.7982	0.8527	0.7931	0.7993	0.7973	0.7968

Tabella 4. 30: risultati ottenuti con le *membership* proprie di tipo 2 per il terremoto del 1930.

1930 Irpinia – membership: tipo 2, unite – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	392	392	392	392	392	392
Nsing	380	190	377	382	382	383
Nmul	12	202	15	10	10	9
r.m.s.	0.7235	0.6916	0.7319	0.7003	0.7195	0.7080
d _{abs}	0.4418	0.4750	0.4431	0.4189	0.4309	0.4202
d _{mean}	-0.2622	-0.2444	-0.2584	-0.2265	-0.2549	-0.2329
r _p	0.8819	0.8914	0.8782	0.8854	0.8744	0.8832
r _s	0.8645	0.8735	0.8625	0.8646	0.8679	0.8626

Tabella 4. 31: risultati ottenuti con le *membership* unite di tipo 2 per il terremoto del 1930.

La distribuzione dei residui merita attenzione per tre aspetti principali: i) la distribuzione è più raccolta attorno allo 0 utilizzando le *membership* unite (fig. 4.25, grafici delle colonne laterali); ii) con le *membership* proprie si ha molta dispersione nei gradi intermedi (dal VI al VII-VIII); iii) i residui nei gradi inferiori tendono in maniera evidente verso valori negativi (si veda il paragrafo “osservazioni” a conclusione dell’analisi del terremoto per la possibile spiegazione).

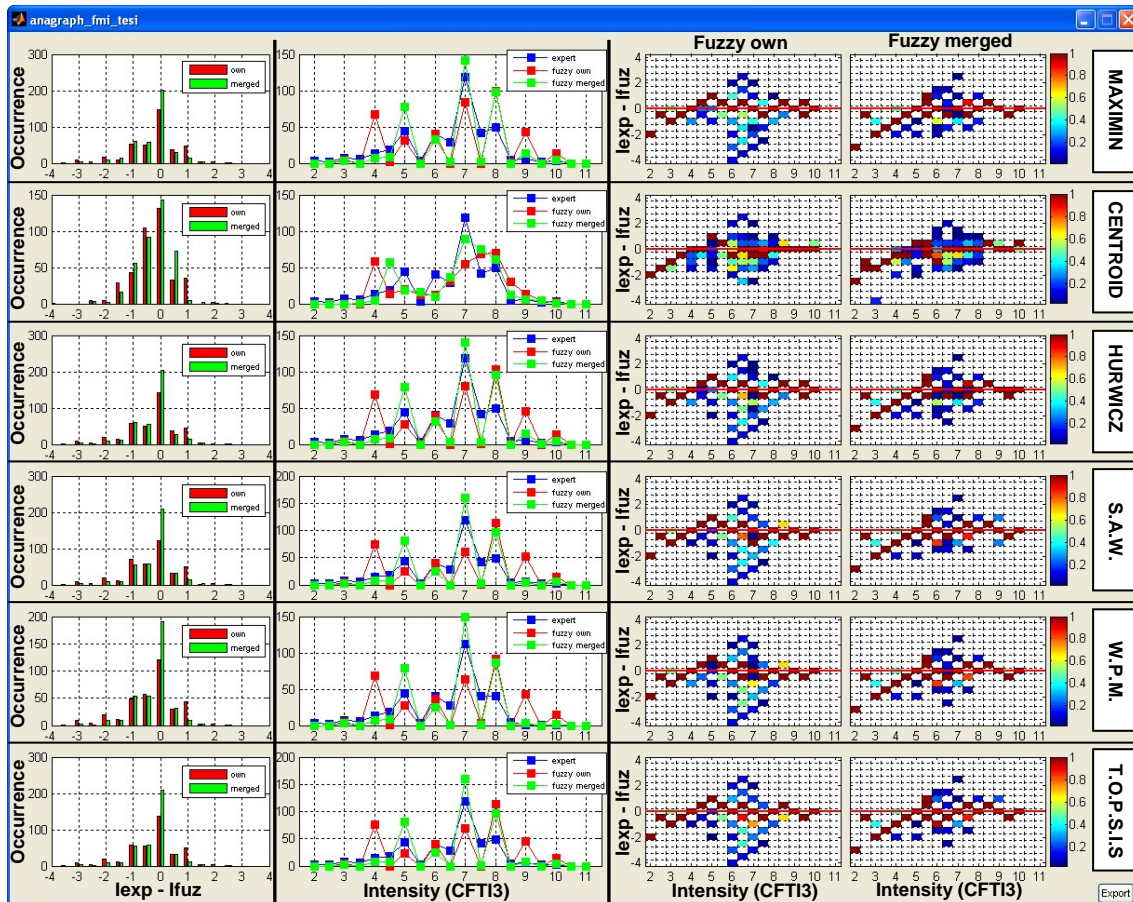


Figura 4. 25: risultati ottenuti con *membership* di tipo 2; colonna destra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità *fuzzy* (I_{fuz}); colonna centrale: numero di località per grado di intensità; colonna sinistra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità *fuzzy* (I_{fuz}) per grado di intensità utilizzando le *membership* proprie (*own*) e le *membership* unite (*merged*).

Membership di tipo 3

Le tabelle (4.32, 4.33) mostrano un buon accordo con il metodo dell'esperto utilizzando sia le *membership* proprie sia quelle unite. Con le *membership* unite si ha un piccolissimo miglioramento, per tutti i parametri di confronto, rispetto alle *membership* proprie e si osserva un aumento del numero di località a cui è stato possibile assegnare l'intensità (N_{tot}).

1930 Irpinia – membership: tipo 3, proprie – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	387	387	387	387	387	387
Nsing	380	173	378	379	378	381
Nmul	7	214	9	8	9	6
r.m.s.	0.7318	0.6994	0.7354	0.7314	0.7273	0.7367
d _{abs}	0.4457	0.4811	0.4457	0.4470	0.4408	0.4444
d _{mean}	-0.2695	-0.2630	-0.2695	-0.2630	-0.2749	-0.2605
r _p	0.8784	0.8904	0.8770	0.8774	0.8768	0.8754
r _s	0.8639	0.8591	0.8612	0.8672	0.8722	0.8627

Tabella 4. 32: risultati ottenuti con le *membership* proprie di tipo 3 per il terremoto del 1930.

1930 Irpinia – membership: tipo 3, unite – soglia minima di occorrenza: 5						
Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Ntot	392	392	392	392	392	392
Nsing	387	203	386	388	388	388
Nmul	5	189	6	4	4	4
r.m.s.	0.6869	0.6875	0.6865	0.6920	0.6872	0.6939
d _{abs}	0.4099	0.4686	0.4087	0.4240	0.4156	0.4240
d _{mean}	-0.2125	-0.2151	-0.2163	-0.1985	-0.2286	-0.1934
r _p	0.8893	0.8888	0.8900	0.8860	0.8824	0.8845
r _s	0.8714	0.8718	0.8744	0.8701	0.8769	0.8669

Tabella 4. 33: risultati ottenuti con le *membership* unite di tipo 3 per il terremoto del 1930.

Anche in questo caso la distribuzione dei residui merita attenzione per due aspetti principali: i) la distribuzione è più raccolta attorno allo 0 utilizzando le *membership* unite (**fig. 4.26**, grafici delle colonne laterali); ii) i residui nei gradi inferiori tendono in maniera evidente verso valori negativi (si veda il paragrafo “osservazioni” a conclusione dell’analisi del terremoto per la possibile spiegazione).

Osservazioni

L’accordo con l’esperto risulta essere maggiore con le *membership* di tipo 3. Da notare come i risultati con le *membership* di tipo 3 proprie (**tab. 4.32**) siano simili a quelli ottenuti con le *membership* unite del tipo 2 (**tab. 4.31**). Ogni tipo di metodo (decisionale e di costruzione delle *membership*) utilizzato, mostra delle carenze nei gradi bassi (inferiori al V grado MCS, **figg. 4.25** e **4.26**). Questo perché l’unica informazione traducibile in codifica, per questo terremoto, riguardante le località meno colpite, consiste

semplicemente nella mancanza di danno (*nessuna/casa/-/danneggiata/-*). Il resto dell'informazione utilizzata per la stima nel catalogo CFTI3 non è trattabile dalla procedura qui utilizzata, perché la fonte principale diretta utilizzata, Alfano [1931], non riporta effetti, ma direttamente il grado di intensità MCS. Con lo stesso scenario macrosismico, composto da un solo effetto e quindi da una sola *membership*, l'intensità valutata è identica per tutte queste località e si attesta tendenzialmente attorno al V grado MCS (il risultato finale dipende dal tipo di approccio per la costruzione delle *membership*).

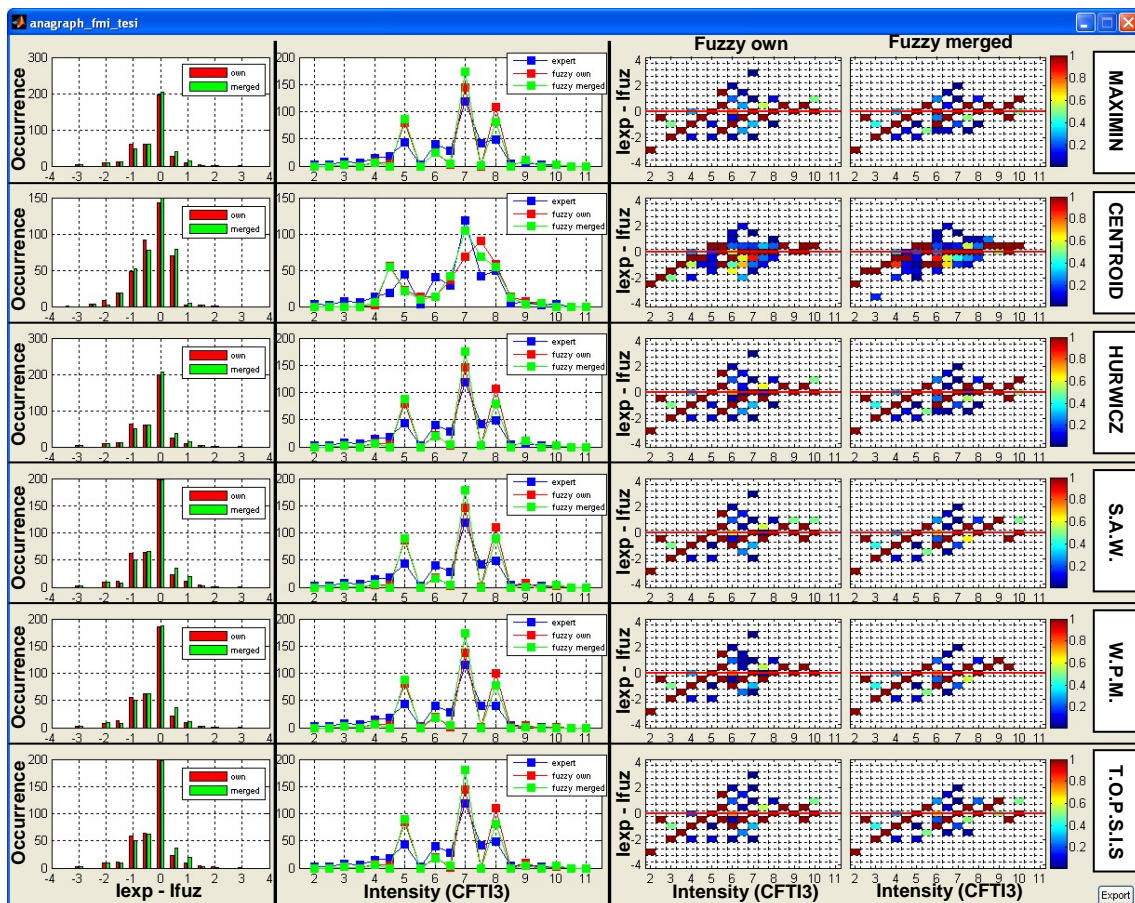


Figura 4. 26: risultati ottenuti con *membership* di tipo 3; colonna destra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità fuzzy (I_{fuz}); colonna centrale: numero di località per grado di intensità; colonna sinistra: distribuzione dei residui tra intensità esperto (I_{exp}) e intensità fuzzy (I_{fuz}) per grado di intensità utilizzando le *membership* proprie (*own*) e le *membership* unite (*merged*).

4.3.2 Test con *Membership* esterne (*external*)

Test 1

Parallelamente all'analisi dati con *membership* unite e proprie, sono stati effettuati analisi con *membership* esterne, definite dai dati di tutti i terremoti ad eccezione di quelli dell'evento in esame. In questo modo si dovrebbero limitare gli effetti di *overfit* causati dalla presenza di descrizioni proprie dell'evento in esame e quindi verificare la capacità del metodo di valutare l'intensità anche di terremoti non utilizzati per calcolare le *membership*.

I risultati, sia con le *membership* di tipo 2 sia con quelle di tipo 3, mostrano (**tabb. 4.34, 4.35**) tendenzialmente un buon accordo con le intensità dell'esperto: valori bassi dello scarto quadratico medio (*r.m.s.*) e della differenza media assoluta (d_{abs}) e valori alti del coefficiente di correlazione (r_p). In particolare con le *membership* di tipo 2 (**tab. 4.34**) per i terremoti del 1915, 1919 e 1920 l'accordo con l'esperto risulta inferiore a quello ottenuto con *membership* proprie (**tabb. 4.14,4.22,4.26**) ed unite (**tabb. 4.15,4.23, 4.27**). Per il terremoto del 1891 il coefficiente di correlazione (r_p) delle esterne è leggermente maggiore di quello delle proprie (**tab. 4.10**) e minore di quello delle unite (**tab. 4.11**), mentre *r.m.s* e d_{abs} sono inferiori a quelli calcolati sia con le *membership* proprie che con le unite, indicando un accordo minore. Per i terremoti del 1876, 1918 e 1930 i risultati con le *membership* esterne sono intermedi tra i valori ottenuti con le *membership* proprie (**tabb. 4.6, 4.18, 4.30**) e quelli con le unite (**tabb. 4.7, 4.19, 4.31**). Per l'evento del 1876 i valori di *r.m.s* e d_{abs} sono inferiori rispetto a quanto ottenuto con *membership* proprie. Tuttavia, l'utilizzo di un *dataset* di osservazioni più ampio rispetto ai dati del solo terremoto in esame, porta a poter utilizzare una soglia di occorrenza maggiore fornendo risultati più robusti.

Membership: tipo 2, esterne – soglia minima di occorrenza: 5							
Terremoto	Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
1876 Monte Baldo	r.m.s.	0.6735	0.7153	0.6660	0.6431	0.5552	0.6431
	d _{abs}	0.4960	0.6440	0.4760	0.4560	0.4304	0.4560
	r _p	0.8159	0.8220	0.8192	0.8099	0.8020	0.8099
1891 Valle d'Ilasi	r.m.s.	0.9683	1.2596	0.9761	0.9876	0.9434	0.9930
	d _{abs}	0.6507	1.0413	0.6530	0.6556	0.6218	0.6563
	r _p	0.7294	0.6946	0.7265	0.6978	0.7135	0.6959
1915 Marsica	r.m.s.	0.9599	0.8497	0.9724	1.0626	0.9778	1.0370
	d _{abs}	0.6858	0.6555	0.6881	0.7811	0.7008	0.7564
	r _p	0.8715	0.8843	0.8638	0.8725	0.8818	0.8714
1918 Santa Sofia	r.m.s.	0.7972	0.9043	0.7972	0.7757	0.7906	0.8182
	d _{abs}	0.5254	0.7373	0.5254	0.5085	0.5179	0.5424
	r _p	0.8572	0.8270	0.8572	0.8644	0.8351	0.8562
1919 Mugello	r.m.s.	0.8012	0.8549	0.8019	0.8824	0.8281	0.9078
	d _{abs}	0.5601	0.6575	0.5562	0.6086	0.5774	0.6358
	r _p	0.9475	0.9366	0.9456	0.9440	0.9497	0.9395
1920 Garfagnana	r.m.s.	1.0016	0.8303	1.0012	1.0803	1.0005	1.1174
	d _{abs}	0.6443	0.5709	0.6502	0.6901	0.6335	0.7227
	r _p	0.8903	0.9139	0.8893	0.8820	0.8948	0.8745
1930 Irpinia	r.m.s.	0.7656	0.7881	0.7599	0.7634	0.7701	0.7751
	d _{abs}	0.4821	0.5637	0.4798	0.4761	0.4920	0.4812
	r _p	0.8464	0.8403	0.8479	0.8458	0.8279	0.8409

Tabella 4. 34: principali parametri di confronto ottenuti utilizzando le *membership* esterne di tipo 2.

Per quanto riguarda le *membership* di tipo 3 (tab. 4.35) l'accordo con l'esperto è sempre minore rispetto a quanto si ottiene sia con *membership* proprie che con quelle unite. Fanno eccezione i terremoti dei 1918 e 1930, dove i risultati sono migliori di quelli ottenuti con le *membership* proprie (tabb. 4.20, 4.32) e peggiori con le unite (tabb. 4.21, 4.33).

Membership: tipo 3, esterne – soglia minima di occorrenza: 5							
Terremoto	Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
1876 Monte Baldo	r.m.s.	0.4556	0.7359	0.4556	0.4556	0.4976	0.4556
	d _{abs}	0.3240	0.6640	0.3240	0.3240	0.3640	0.3240
	r _p	0.8299	0.8164	0.8214	0.8075	0.7834	0.8075
1891 Valle d'Ilasi	r.m.s.	0.9952	1.2754	1.0150	1.0503	1.0231	1.0707
	d _{abs}	0.6923	1.0530	0.7175	0.7384	0.7250	0.7500
	r _p	0.7289	0.6835	0.7221	0.6936	0.7068	0.6808
1915 Marsica	r.m.s.	0.7544	0.8161	0.7488	0.7678	0.7211	0.7823
	d _{abs}	0.5578	0.6231	0.5596	0.5426	0.5245	0.5576
	r _p	0.9009	0.8904	0.9015	0.9006	0.9110	0.8959
1918 Santa Sofia	r.m.s.	0.7838	0.9633	0.8562	0.8104	0.8758	0.8234
	d _{abs}	0.5847	0.7881	0.6186	0.6356	0.6525	0.6441
	r _p	0.8502	0.8057	0.8239	0.8397	0.8130	0.8391
1919 Mugello	r.m.s.	0.7299	0.8335	0.7501	0.7258	0.7044	0.7522
	d _{abs}	0.4945	0.6438	0.5031	0.4923	0.4701	0.5089
	r _p	0.9443	0.9407	0.9392	0.9476	0.9490	0.9423
1920 Garfagnana	r.m.s.	0.8593	0.7922	0.8646	0.9567	0.8695	0.9635
	d _{abs}	0.5433	0.5365	0.5444	0.6124	0.5468	0.6045
	r _p	0.9040	0.9181	0.9045	0.8892	0.9021	0.8890
1930 Irpinia	r.m.s.	0.7433	0.7745	0.7411	0.7596	0.7478	0.7647
	d _{abs}	0.4676	0.5426	0.4697	0.4799	0.4729	0.4851
	r _p	0.8557	0.8469	0.8561	0.8477	0.8539	0.8454

Tabella 4. 35: principali parametri di confronto ottenuti utilizzando le *membership* esterne di tipo 3.

Il buon accordo generale con il giudizio dell'esperto ottenuto con le *membership* esterne rappresenta un ottimo risultato e conferma la validità dell'intera metodologia e la tendenziale indipendenza delle relazioni effetti-gradi dai terremoti in esame. Ampliando in modo consistente il *database* degli effetti, si potrebbe svincolare la procedura automatica di stima dell'intensità da qualsiasi catalogo utilizzando solo le *membership* esterne, ovvero l'intero *dataset* codificato e disponibile da applicare ad ogni eventuale altro evento. Questo permetterebbe di analizzare anche terremoti appena avvenuti, distribuendo questionari *on line* impostati secondo lo schema di suddivisione nelle cinque componenti logico sintattiche degli effetti osservati, assegnando poi in maniera automatica le intensità *fuzzy*.

Test 2

Per testare ulteriormente e verificare l'indipendenza dell'intensità dal terremoto analizzato, possono essere utilizzate per ogni terremoto *membership* esterne derivate dai dati di un solo terremoto alla volta, mediante permutazioni. Sono stati pertanto effettuati test sistematici e completi permutando tutte le coppie possibili dei terremoti codificati. Questo test (effettuato solo con le *membership* di tipo 2) ha evidenziato generalmente un minor accordo tra le intensità *fuzzy* ricavate e quelle dell'esperto, rispetto ai valori ottenuti con le *membership* proprie ed unite. Ciò deriva in molti casi dalla diversa "dimensione" dei terremoti, sia in termini di intensità massima osservata, sia per numero di località. Nel primo caso infatti non sempre sono disponibili permutazioni basate sugli stessi intervalli di gradi di intensità assegnati dall'esperto. Nel secondo le soglie di occorrenza ed il numero di effetti utili per i terremoti in esame variano significativamente: un terremoto con poche località abbassa il numero di effetti per la derivazione delle *membership*, a causa delle soglie di occorrenza minime necessarie per evitare *overfit* dei dati. I terremoti analizzati sono stati suddivisi in 4 categorie in funzione dei due parametri indicati: i) intensità massima osservata e ii) numero di località analizzate:

- 1) categoria A: eventi con n° di località analizzate (N_{tot}) ≥ 500 e intensità massima (I_{max}) $> X$; questa categoria comprende il solo terremoto della Marsica (1915);
- 2) categoria B: eventi con $300 < N_{tot} < 500$ e $I_{max} \geq X$; questa categoria comprende i terremoti del Mugello (1919), della Garfagnana (1920) e dell'Irpinia (1930);
- 3) categoria C: eventi con $50 < N_{tot} \leq 300$ o $I_{max} \geq IX$; fanno parte di questa categoria i terremoti della Valle d'Ilasi (1891) e di Santa Sofia (1918)
- 4) categoria D: eventi con $N_{tot} < 50$ e $I_{max} < IX$; questa categoria comprende il terremoto del Monte Baldo (1876).

Il test che è stato comunque condotto su tutte le possibili permutazioni tra terremoti e *membership*, ha mostrato tre principali risultati:

1) Utilizzando dati appartenenti a terremoti di categoria “inferiore” (ad es. D e/o C e/o B) per costruire *membership* da applicare a terremoti di categoria “superiore” (A e/o B e/o C, a seconda dei casi) si hanno risultati peggiori rispetto a quelli ottenuti sia con le *membership* proprie che con le unite. Questo perché vengono a mancare quei dati relativi ai gradi di intensità non presenti nel *dataset* utilizzato (maggiori del massimo grado di intensità osservato) per la definizione delle *membership function* e perché l’occorrenza degli effetti nel *dataset* (con meno località) si abbassa, rendendo molti effetti non utilizzabili per la stima finale dell’intensità.

2) Utilizzando terremoti di categoria “superiore” (ad es. A e/o B e/o C) applicati a quelli di categoria “inferiore” (B e/o C e/o D a seconda dei casi) si osserva un peggioramento dell’accordo rispetto ai risultati ottenuti con le *membership* unite, mentre con le *membership* proprie si osservano risultati dissimili: in alcuni casi si ha un leggero miglioramento, mentre in altri un peggioramento. Questo non dovrebbe dipendere da un *overfit* di certe descrizioni (i risultati con le *membership* esterne, prive di questi dati, sono tendenzialmente buoni), quanto probabilmente da un diverso *dataset* di informazioni, strettamente dipendente dalla “grandezza”, ovvero dalla categoria (A, B, C, D) dell’evento. Questo andamento, tuttavia, non è facilmente interpretabile e potrebbe anche essere del tutto casuale.

3) Utilizzando dati di terremoti appartenenti alla stessa categoria (B o C) i risultati in termini di accordo risultano peggiori rispetto a quelli ottenuti sia con le *membership* proprie sia con le unite. Dall’analisi sistematica dei dati, è possibile, tuttavia, osservare come

due terremoti “vicini” (nel tempo e nello spazio), producano risultati migliori, rispetto a quanto avviene permutando terremoti distanti nello spazio e/o nel tempo. Ad esempio (**tab. 4.36** e **tab. 4.37**) permutando effetti e *membership* dei terremoti del 1919 (Mugello) e del 1920 (Garfagnana), ovvero utilizzando il *dataset* di effetti di un evento con le *membership* ricavate dall’altro, l’accordo con le intensità dell’esperto è significativo e positivo. In questo caso gli eventi sono coevi e territorialmente vicini. I risultati statistici peggiorano utilizzando, in entrambi i casi (eventi del 1919 e 1920) le *membership* del 1930 (Irpinia) e viceversa. Dato ovviamente il numero esiguo di eventi (*dataset*) a disposizione, il risultato di questo specifico test non è molto significativo: l’eventuale dipendenza della Scala macrosismica da osservazioni locali e attinenti al periodo temporale di loro formulazione (si veda **capitolo 1 paragrafo 1.3**) non è verificabile.

Mugello 1919 - membership: tipo 2, esterne – soglia minima di occorrenza: 5							
Dataset	Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Membership esterne (1920)	d_{abs}	0.5675	0.7084	0.602	0.6193	0.6649	0.6463
	r_p	0.9314	0.9264	0.9168	0.9242	0.8807	0.9154
Membership esterne (1930)	d_{abs}	1.3555	0.9219	1.3591	1.4691	1.4151	1.4942
	r_p	0.6886	0.8344	0.6784	0.6925	0.6706	0.6932

Tabella 4. 36: differenza media assoluta (d_{abs}) e coefficiente di correlazione (r_p) per il terremoto del 1919, utilizzando le *membership* di tipo 2 esterne, ricavate con i dati del terremoto del 1920 e del terremoto del 1930.

Garfagnana 1920 - membership: tipo 2, esterne – soglia minima di occorrenza: 5							
Dataset	Statistiche	Maximin	Centroide	Hurwicz	SAW	WPM	TOPSIS
Membership esterne (1919)	d_{abs}	0.6502	0.6204	0.6667	0.7287	0.6696	0.7576
	r_p	0.8555	0.8865	0.8479	0.8392	0.8434	0.835
Membership esterne (1930)	d_{abs}	1.3577	0.8606	1.3655	1.4381	1.4138	1.4524
	r_p	0.6605	0.7995	0.6586	0.6585	0.6424	0.6536

Tabella 4. 37: differenza media assoluta (d_{abs}) e coefficiente di correlazione (r_p) per il terremoto del 1919, utilizzando le *membership* di tipo 2 esterne, ricavate con i dati del terremoto del 1920 e del terremoto del 1930.

4.4 Osservazioni conclusive

Le elaborazioni ed i test svolti sulla base dei dati degli effetti codificati e su alcuni terremoti suggerisce alcune osservazioni:

1) Qualsiasi tipologia di *membership* e metodo decisionale sia usata, la procedura automatica di stima dell'intensità riproduce statisticamente in modo soddisfacente il giudizio dell'esperto macrosismico. In tutti i casi analizzati lo scarto quadratico medio (*r.m.s.*) si attesta generalmente attorno a valori inferiori a 0.8, la differenza media assoluta (d_{abs}) è pari circa a 0.5, la differenza media (d_{mean}) è vicina a 0 e il coefficiente di correlazione (r_p) ha in media un valore vicino a 0.9.

2) Il metodo *fuzzy* possiede un maggior potere discriminante, tendendo a privilegiare la scelta dei gradi interi su quelli incerti, che in alcuni casi non vengono assegnati. Questo dato spiega in parte anche il valore di differenza media assoluta (d_{abs}) che si attesta, in quasi tutti i casi analizzati, attorno al mezzo grado (0.5).

3) Il coefficiente di correlazione parametrico (r_p) e quello non parametrico (r_s) presentano tendenzialmente valori molto simili tra loro. L'intensità, dunque, si comporta con buona approssimazione come un parametro con valori reali.

4) Confrontando i risultati dell'intensità dell'esperto con quelle derivati dall'approccio *fuzzy* con *membership* proprie e unite l'accordo maggiore si ha con la seconda tipologia, in quasi tutti i casi analizzati. Questo perché le *membership* unite, definite su un *dataset* più ampio, sono più robuste e meno affette da limiti tipici di un singolo terremoto, come i) incompletezza di informazione per alcune classi di intensità (un effetto tipico di determinati gradi non sempre è presente); ii) errori nelle fonti che riportano descrizioni non pertinenti con il reale scenario osservato (con l'uso di un *dataset* più ampio tali errori vengono minimizzati, in quanto diminuisce

relativamente la loro occorrenza); iii) scarsa occorrenza degli effetti nel *dataset* (la soglia di occorrenza imposta agli effetti nelle diverse località riduce l'informazione utilizzabile).

5) Nella scelta del metodo di derivazione delle *membership function*, i risultati del confronto con le intensità dell'esperto sono migliori, nella maggioranza dei casi, utilizzando le *membership* di tipo 3. L'unico problema riscontrato con queste *membership* (tipo 3) è il minor accordo nei singoli gradi X e XI MCS generalmente assegnati a poche località rispetto ai risultati delle *membership* di tipo 2. Ciò è una diretta conseguenza del minor peso assegnato (inverso della radice quadrata del numero di osservazioni anziché inverso del numero di osservazioni) a tali gradi rispetto a quelli inferiori, molto più frequenti nel *database*. Le *membership* di tipo 3 si pongono quindi di fatto a metà strada tra le *membership* di tipo 1 e quelle di tipo 2.

6) La disponibilità di circa 30000 effetti codificati ha reso inoltre possibile l'utilizzo delle *membership* esterne. I risultati ottenuti hanno portato ad individuare un nuovo obiettivo per questa ricerca: la creazione di un *database* di effetti, con *membership* associate, ampio e consistente, che permetta di analizzare un terremoto senza dover ricorrere a valori di intensità precedentemente stimati.

7) La scelta di utilizzare uno specifico metodo decisionale non influisce significativamente sui risultati. Da una più approfondita analisi però si può affermare che:

1. il minor accordo tra intensità *fuzzy* ed intensità esperto si ha con il metodo del Centroide;
2. risultati migliori rispetto al Centroide si hanno con il metodo SAW e con il TOPSIS;
3. i metodi con una tendenza maggiore a riprodurre le stime dell'esperto sono il Maximin, la procedura Hurwicz ed il WPM;

4. il Maximin e il Centroide risultano essere i metodi meno “robusti”, perché sfruttano una quantità inferiore di informazione [Chen e Hwang, 1992], vincolando, a volte, la scelta dell'intensità a singoli effetti/attributi.

8) Nonostante la bontà dell'accordo tra la metodologia *fuzzy* e il giudizio dell'esperto, esistono differenze, talvolta sostanziali, per singole località. Da un'attenta e più approfondita analisi dei risultati, grazie anche all'ausilio di interfacce grafiche (**Appendice B**) atte ad indagare in dettaglio i dati per singole località, si evince che le differenze maggiori tra i metodi *fuzzy* ed l'intensità dell'esperto sono dovute principalmente a:

- 8.1 diversa informazione macrosismica;
- 8.2 diversa interpretazione di alcuni effetti;
- 8.3 inconsistenze nel catalogo di riferimento (CFTI3).

Più precisamente:

8.1. La procedura automatica di stima prevede l'archiviazione con successiva elaborazione di tutta l'informazione macrosismica presente nelle fonti. L'esperto macrosismico, invece, opera spesso una selezione delle descrizioni considerate migliori tra un set di fonti spesso anche in contrasto tra loro. Questo porta, in molti casi, ad una valutazione dell'intensità basata su una quantità di informazione differente da quella utilizzata nel catalogo CFTI3. Inoltre esiste una tipologia di informazione che non è ancora possibile codificare al momento e che esula dalle finalità di caratterizzazione degli effetti: i) informazioni dedotte (non scritte) da descrizioni indirette del danno (opere di restauro, fondi impiegati per la ricostruzione, ecc.); immagini o fotografie; valori dell'intensità assegnati (da studi coevi all'evento o successivi) senza riportare alcuna descrizione degli effetti osservati. Mentre nei primi due casi esistono ipotesi e tentativi di sintetizzare l'informazione in schede basate sulle 5 componenti logico/sintattiche della codifica adottata, operando tuttavia una scelta

soggettiva, ma trasparente e verificabile, nel terzo caso non è possibile trattare l'informazione.

8.2. In diversi casi le regole di interpretazione differiscono dal procedimento mentale svolto dall'esperto: la soggettività dell'operatore macrosismico non è, ovviamente, sempre riproducibile. Inoltre può capitare che alcune fonti meno attendibili, come ad esempio i quotidiani, esagerino nella descrizione del danno, spingendo, in alcuni casi, l'esperto a ridurre la severità della descrizione riportata; ad esempio per la località Frascale, colpita dal terremoto del 29 giugno 1919 (Mugello), il quotidiano Il Tempo del 1 luglio 1919 cita testualmente: "*A Frascale, altro paese di alta montagna, nell'altro versante dell'Appennino, tutte le case e le chiese sono crollate.*". Come già descritto nel capitolo 3, con la procedura automatica si assegna un peso alla fonte relativo alla sua attendibilità. Un quotidiano ha un peso inferiore rispetto ad una fonte diretta, ma l'effetto rimane sempre aderente al contenuto "*tutte le case sono crollate*". Nel CFTI3 l'effetto è stato interpretato (nei commenti presenti per le località) come "*molte case sono crollate*", decisione giustificata evidentemente dalla scarsa attendibilità della fonte ed alla località è stato assegnato il grado VIII-IX. La procedura *fuzzy* assegna invece un valore (*membership* unite) pari a X, aggregando questa informazione con altre di danno generico.

8.3. Pur rappresentando il fattore meno incisivo delle differenze tra la metodologia *fuzzy* e quella tradizionale, sono presenti inconsistenze tra effetti e intensità assegnate dall'esperto nel catalogo CFTI3. Tali inconsistenze sono riconducibili principalmente a intensità diverse assegnate a località con identico scenario di danno macrosismico e stesse fonti.

5 STIMA DI PARAMETRI DI SORGENTE

5.1 Introduzione

Le intensità disponibili (sia originali che rivalutate) e la loro distribuzione geografica possono fornire indicazioni sulle dimensioni e sull'orientazione delle possibili strutture sismogenetiche, ovvero dell'area dove maggiore è la probabilità di trovare la proiezione superficiale della struttura stessa (codice di calcolo “**Boxer**” [Gasperini *et al.*, 1999], <http://ibogfs.df.unibo.it/user2/paolo/www/boxer/boxer.html>, 2009). Questa metodologia e soprattutto una sua implementazione portata avanti nell'ambito di una convenzione INGV-DPC (2007-2009, UR2.05, finalizzata allo sviluppo del codice stesso), è stata applicata ai terremoti esaminati in questa tesi (1876, 1891, 1915, 1918, 1919, 1920, 1930, si veda capitolo 4).

Per gli eventi analizzati è stato possibile determinare le coordinate epi/ipocentrali, la magnitudo, le dimensioni (lunghezza e larghezza) e l'orientazione (azimut) della sorgente sismogenetica. A questi parametri è stato possibile anche associare una stima di errore.

I risultati sono stati analizzati e confrontati al fine di individuare eventuali relazioni con la sismotettonica locale. In particolare i dati ottenuti hanno permesso di analizzare e testare la stabilità dei parametri stessi, come localizzazione, orientazione e dimensioni delle possibili strutture. Studi recenti ed analisi attualmente portate avanti nell'ambito della stessa convenzione INGV-DPC, hanno infatti messo in evidenza come eventuali anomalie nella distribuzione

dei parametri di sorgente e le incertezze ad essi associate possano essere un indizio della complessità delle strutture stesse e/o essere interpretati come eventi multipli.

5.2 Metodo delle box

Per determinare i parametri di sorgente associati agli eventi, è stata impiegata una versione modificata del codice di calcolo *Boxer* [Gasperini et al., 1999], implementata nell'ambito della convenzione INGV-DPC (2007-2009). Le principali innovazioni rispetto all'approccio classico riguardano l'introduzione di:

- i) nuovi metodi basati sulla minimizzazione non lineare dei residui di una legge di attenuazione [Pasolini et al., 2008a,b] per la localizzazione epi/ipocentrale;
- ii) stima degli errori associati ai parametri (localizzazione epi/ipocentrale, magnitudo, dimensioni, orientazione) determinati, sia attraverso l'inversione dell'Hessiano della funzione di verosimiglianza, limitatamente ai nuovi metodi, sia per mezzo di analisi *bootstrap* applicate a tutte le metodologie.

5.2.1 Metodo classico

Il metodo di calcolo dei parametri di sorgente, indicato in letteratura come metodo delle *box* [Gasperini et al., 1999] deriva da analisi sulla distribuzione delle intensità macrosismiche (piano quotato) che vengono analizzate secondo metodi statistici. Il concetto principale è la relazione tra l'allungamento delle isosiste (ovvero

asimmetria tra linee che interpolano stesse intensità) e geometria della sorgente [Shebalin, 1973].

L'intera metodologia del codice *Boxer* (versione 3.3) può essere sintetizzata in 5 passaggi:

- 1) localizzazione dell'epicentro macrosismico [Gasperini e Ferrari, 1995, 1997] attraverso la media aritmetica tra tutti i valori, compresi nell'intervallo tra il primo e terzo interquartile, delle coordinate delle località appartenenti alla classe d'intensità maggiore (**fig. 5.1a**);
- 2) stima della magnitudo equivalente M [Gasperini e Ferrari, 1997] (**fig. 5.1b**), secondo la formula:

$$M = a + bI_0^2 + c \log^2(R_I) \quad (5.1)$$

dove a , b e c sono dei coefficienti calcolati per ogni grado d'intensità macrosismica, I_0 è l'intensità macrosismica epicentrale, e R_I il raggio medio di distanza, stimato statisticamente per ogni classe di intensità;

- 3) stima delle dimensioni della sorgente: la lunghezza (RLD) e la larghezza (RW) di rottura sono definite, utilizzando la magnitudo equivalente M ed una relazione empirica fornita da Wells e Coppersmith [1994], in questo modo:

$$\log_{10}(RLD) = 0.59(\pm 0.002)M - 2.44(\pm 0.11) \quad (5.2)$$

$$\log_{10}(RW) = 0.32(\pm 0.002)M - 1.01(\pm 0.1) \quad (5.3)$$

- 4) determinazione dell'azimut (**fig. 5.1c**);
- 5) rappresentazione della sorgente (**fig. 5.1d**) tramite un rettangolo, centrato nell'epicentro macrosismico, che approssima la proiezione in superficie del probabile piano di faglia responsabile dell'evento.

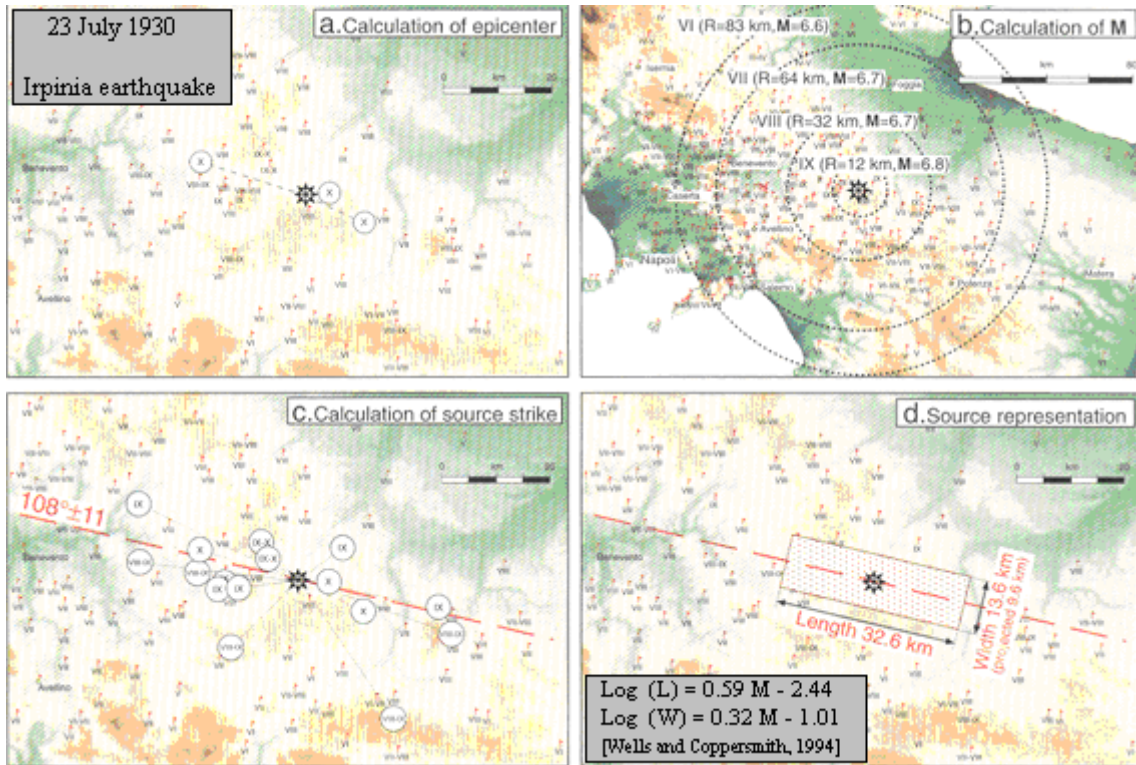


Figura 5. 1: procedura per la stima delle possibili dimensioni fisiche e dell'orientazione della sorgente sismogenetica (terremoto dell'Irpinia, 23 luglio 1930) [da *Gasperini et al.*, 1999, modificata]

Per la determinazione dell'azimut della sorgente si presuppone che l'eventuale allungamento direzionale in superficie del piano quotato rifletta la geometria della sorgente in profondità e quindi la direzione della stessa [*Gasperini et al.*, 1999](**fig. 5.2**).

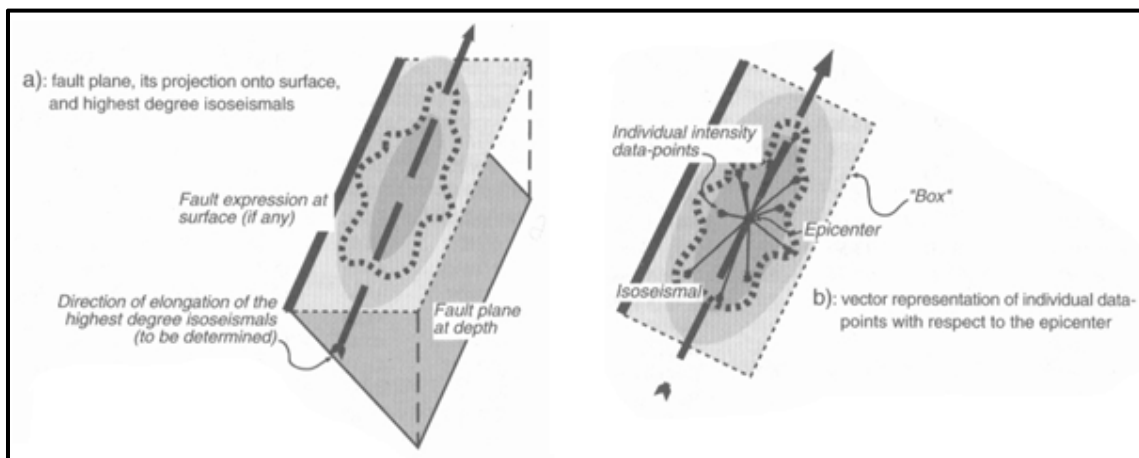


Figura 5. 2: spiegazione illustrata di legami tra isosiste, distribuzione di intensità e rappresentazione della struttura sismogenetica [da *Gasperini et al.*, 1999]

L'azimut della possibile faglia associata all'evento viene calcolato attraverso il calcolo della "media circolare" delle località con intensità superiore ad un valore di soglia, prendendo in considerazione l'azimut delle località "pesato" in funzione della distanza tra località ed epicentro macrosismico precedentemente stimato (punto 1). Il valore di soglia è scelto selezionando tutte le località/intensità all'interno di un'area comparabile con quella della sorgente, le cui dimensioni sono calcolate con le formule generali di Wells e Coppersmith (punto 3) e determinando la distanza media epicentrale delle località che meglio approssima la semilunghezza della probabile faglia. Questo criterio, a causa di informazioni incomplete o di effetti di sito, potrebbe comportare l'inclusione di località con intensità inferiori anche di due o tre gradi rispetto a quella massima osservata [*Gasperini et al.*, 1999], aumentando, così il rischio di forti anomalie nella stima dell'azimut. Per ovviare a questo problema, viene limitato l'utilizzo alle sole località che rispetto all'intensità massima hanno intensità inferiore di n classi, dove le classi includono anche i gradi incerti. Le impostazioni base del codice prevedono 3 classi di intensità (ad esempio se $I_{max}=10$, sono prese le intensità 9.5, 9 e 8.5), sebbene il valore sia modificabile dall'operatore.

Ad ogni punto considerato è associato un "peso" direttamente proporzionale alla distanza dall'epicentro: maggiore è la distanza della località considerata, maggiore è la sua importanza nell'approssimare la direzione del piano di faglia. Per calcolare il peso si utilizza la relazione CRAM (*Cubic Root Attenuation Model*) [*Berardi et al.*, 1993]:

$$D = \left(\frac{\Delta I - \beta}{\alpha} \right)^3 \quad (5.4)$$

che stima per ogni località la distanza attesa (D) in funzione dell'intensità; ΔI è la differenza tra l'intensità epicentrale (I_0) e

quella associata alla località e $\alpha=-0.46$ e $\beta=0.93$ sono parametri empirici stimati da Berardi et al [1993] per l'Italia.

Il peso si ricava facendo la radice cubica del rapporto tra la distanza epicentrale reale e quella attesa:

$$P = \sqrt[3]{D_R/D} \quad (5.5)$$

Stimato l'azimut, se ne quantifica l'attendibilità con due test sulla distribuzione dei punti considerati. Il primo è il test non parametrico di Kuiper. Applicato alla distribuzione circolare dei punti rispetto all'epicentro macrosismico stimato, il test cerca in sostanza di determinare la massima deviazione della distribuzione cumulativa empirica dei dati rispetto a quella uniforme, che non ha alcuna direzione prevalente; il secondo è il test di Rayleigh, simile al precedente, che tiene anche conto di un "peso" rappresentato dalla distanza del punto dall'epicentro macrosismico. Entrambi i *test* quantificano l'eventuale presenza di un'anisotropia (ovvero di una direzione/azimut prevalente) nella distribuzione dei dati attraverso un valore numerico: minore è questo valore, maggiore è la probabilità che l'allineamento non segua una direzione casuale e quindi che esista una orientazione prevalente (direttività). In presenza di una disposizione isotropa (*uniform*), invece, ogni direzione ha la stessa probabilità delle altre di rappresentare l'orientazione prevalente e quindi non esiste, di fatto, direttività.

5.2.2 Modifiche apportate al codice *Boxer*

Il codice *Boxer* utilizzato in questa tesi è stato implementato nell'ambito della convenzione (tuttora in corso) INGV-DPC 2007-2009, attraverso l'introduzione di nuovi metodi per la localizzazione

epicentrale, calcolo della magnitudo e stima degli errori associati ai parametri di sorgente.

5.2.2.1 Nuovi metodi di stima dei parametri di sorgente (localizzazione epi/ipocentrale e magnitudo)

L'approccio alla base dei nuovi metodi consiste nel localizzare l'epicentro/ipocentro di un terremoto attraverso la minimizzazione dei residui delle intensità ottenute da una legge di attenuazione [Pasolini et al., 2008 a,b], ovvero dalla massimizzazione della funzione di verosimiglianza tra le intensità disponibili e quelle ottenute dalla legge di attenuazione. Utilizzando la stessa legge di attenuazione viene stimata la magnitudo in funzione dell'intensità media attesa e dei parametri epi/ipocentrali determinati.

Secondo Pasolini et al. [2008 a,b] l'intensità I_j al sito è stimata attraverso la relazione log-lineare con la distanza dalla sorgente:

$$I_j = I_E - a(D_j - h) - b[\ln(D_j) - \ln(h)] \quad (5.6)$$

dove h è una profondità media assunta per tutti i terremoti, a e b sono coefficienti di attenuazione (**tab. 5.1**), $D_j = \sqrt{R_j^2 + h^2}$, rappresenta la distanza "inclinata" della j -esima località dall'epicentro stimato: h è la profondità e R_j è la distanza in superficie dall'epicentro, pari a:

$$R_j = R_0 \arccos[\sin(lat_E) \sin(lat_j) + \cos(lat_E) \cos(lat_j) \cos(lon_E - lon_j)] \quad (5.7)$$

con lat_j e lon_j coordinate del j -esimo sito, R_0 raggio terrestre e I_E intensità media attesa all'epicentro. I_E è calcolata come:

$$I_E = \bar{I} + a[h - \overline{D(h)}] + b\{\ln(h) - \overline{\ln[D(h)]}\} \quad (5.8)$$

In questa equazione \bar{I} è la media di tutte le intensità osservate per lo specifico terremoto e $\overline{D(h)}$ e $\overline{\ln[D(h)]}$ sono definite rispettivamente in questo modo:

$$\overline{D(h)} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N D_j(h) \quad (5.9)$$

$$\overline{\ln[D(h)]} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \ln[D_j(h)] \quad (5.10)$$

Per calcolare le coordinate epicentrali, la profondità e l'intensità epicentrale attesa si potrebbe minimizzare la somma dei residui quadrati:

$$\begin{aligned} & SSR(lat_E, lon_E, h, I_E, a, b) \\ &= \sum_{j=1}^N \{I_j - I_E + a(D_j - h) + b[\ln(D_j) - \ln(h)]\}^2 \quad (5.11) \end{aligned}$$

Per utilizzare questo approccio, però, l'intensità va considerata come un numero reale (ad esempio: VIII=8.0, V-VI=5.5). Per trattare i valori discreti dell'intensità e le intensità incerte, che rappresentano circa il 30% del *dataset* italiano, Pasolini et al. [2008b] utilizzano invece un approccio probabilistico assegnando un valore di probabilità ($p(I)$) ai gradi interi della Scala e considerando i gradi contigui al grado incerto equamente probabili. Ad esempio, per il grado VII-VIII (pari a 7.5) si ha:

$$p(I) = [0,0,0,0,0,0, w_1, w_2, 0,0,0,0] \quad (5.12)$$

con

$$\sum_{I=1}^{12} p(I) = 1 \quad (5.13)$$

e $w_1=w_2=0.5$. Per i gradi interi (come ad esempio VII), invece, è:

$$p(I) = [0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0] \quad (5.14)$$

Partendo dal presupposto che la distribuzione dei residui delle intensità è, con buona approssimazione, normale, i dati così definiti vengono trattati con una funzione di verosimiglianza (*likelihood*) logaritmica:

$$L = \sum_{j=1}^N \ln \left\{ \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \sum_{i=1}^{12} p_j(I) \int_{I-0.5}^{I+0.5} \exp \left[-\frac{(i - \mu_j)^2}{2\sigma^2} \right] di \right\} \quad (5.15)$$

dove N è il numero di intensità osservate e μ_j è la funzione (5.16) che stima i parametri della j -esima località:

$$\begin{aligned} \mu_j(\text{lat}_E, \text{lon}_E, h, I_E, a, b) = & I_E + a[D_j(\text{lat}_E, \text{lon}_E, h) - h] \\ & + b\{\ln[D_j(\text{lat}_E, \text{lon}_E, h)] - \ln(h)\} \end{aligned} \quad (5.16)$$

Per calcolare i valori migliori per i sei parametri della (5.16) deve essere massimizzata la funzione di *likelihood* (L). A causa, però, dell'incompletezza dell'informazione e della distribuzione non sempre uniforme dei valori di intensità, uno o più dei 6 parametri ($\text{lat}_E, \text{lon}_E, h, I_E, a, b$) possono essere fissati. Per la stima

dell'ipocentro sono stati sviluppati diversi metodi per massimizzare L :

1. tutti i parametri sono considerati liberi: la loro stima si ha massimizzando l'equazione 5.15 ed utilizzando l'equazione 5.16 come stimatore;
2. si fissa il coefficiente logaritmico b stimato da Pasolini et al. [2008b] e si calcolano i restanti parametri massimizzando L ;
3. si fissano i valori dei coefficienti a e b , calcolando i rimanenti massimizzando L ;
4. si fissano a , b e l'intensità attesa all'epicentro (I_E);
5. si fissa anche la profondità (h) utilizzando il valore medio calcolato da Pasolini et al. [2008] (ad esempio il valore di 3.91Km della legge standard); questo metodo risulta efficace per *dataset* molto piccoli;
6. si fissa la profondità (h) tenendo libera l'intensità attesa all'epicentro (I_E), che viene calcolata con le coordinate epicentrali (lat_E e lon_E) massimizzando L

In definitiva, i nuovi metodi introdotti nel codice *Boxer* possono essere schematizzati in base al numero di parametri lasciati liberi e quindi determinati (5.16) per massimizzare la funzione logaritmica di *likelihood* (5.15):

- Metodo 1: lat_E, lon_E ;
- Metodo 2: lat_E, lon_E, h
- Metodo 3: lat_E, lon_E, I_E
- Metodo 4: lat_E, lon_E, I_E, h
- Metodo 5: lat_E, lon_E, I_E, h, a
- Metodo 6: $lat_E, lon_E, I_E, h, a, b$

Una volta che sia stato localizzato l'ipocentro, è possibile stimare anche la magnitudo utilizzando la legge di attenuazione (5.6) ed una relazione empirica sviluppata da Pasolini et al. [2008] tra I_E ed M , pari a:

$$M = \frac{I_E - c}{d} \quad (5.17)$$

Dove c e d (**tab. 5.1**). sono coefficienti della regressione ortogonale (GOR, Castellaro et al., 2006) tra I_E e M . Combinando le due equazioni (5.6 e 5.17) si ottiene:

$$M_j = \frac{1}{d} \{I_j + \hat{a}(D_j - \hat{h}) + \hat{b}[\ln(D_j) - \ln(\hat{h})] - c\} \quad (5.18)$$

In questa equazione \hat{a} , \hat{b} e \hat{h} sono fissati utilizzando i valori stimati da Pasolini et al. [2008]. Si noti che nella (5.18) il parametro \hat{h} non corrisponde alla profondità ipocentrale ma piuttosto ad una distanza di riferimento comune a tutti i terremoti, per cui vale la relazione (5.17) tra magnitudo e I_E . La magnitudo finale viene stimata come la media aritmetica o media decimata al 20% dei valori di M_j .

La legge di attenuazione di Pasolini et al. [2008b] è stata stimata sulla base di un sottoinsieme di intensità che sono state selezionate, attraverso una procedura proposta da Gasperini [2001] e descritta in dettaglio da Pasolini et al. [2008a], per evitare l'incompletezza a grandi distanze. In pratica, la sua validità è limitata a distanze inferiori a 200 km (in dipendenza di I_0). Questa limitazione può ridurre fortemente il numero di dati di intensità utilizzabili quando l'epicentro è localizzato in mare, lontano dalla costa. In questi casi si potrebbe tentare di utilizzare anche i dati oltre 200 km. Tuttavia i parametri di attenuazione di Pasolini et al. [2008b] sottostimano le

intensità osservate alle lunghe distanze in quanto, a causa dell'incompletezza, sono riportate dall'analisi macrosismica solo le località che, per vari motivi, mostrano un'intensità maggiore di quelle circostanti. Quindi, sono stati ricavati, attraverso la stessa procedura seguita da Pasolini et al. [2008b], nuovi valori dei parametri di attenuazione (**tab. 5.1**) a partire da un *dataset* di intensità che include tutte le osservazioni disponibili (anche a grandi distanze). Tali parametri, che definiremo "extended", possono essere usati tentativamente per localizzare i terremoti in mare, utilizzando tutti i dati disponibili.

	a	b	h (km)	c	d
DB04 Standard	0.0086±0.0005	1.037±0.027	3.91±0.27	-5.862±0.301	2.460±0.055
DB04 Extended	0.0009±0.0002	1.172±0.014	4.49±0.20	-5.611±0.283	2.414±0.053

Tabella 5. 1: parametri derivati con legge standard e legge extended.

5.2.2.2 Errori

Il metodo classico del codice di calcolo *Boxer* non prevede il calcolo degli errori per tutti i parametri di sorgente, ma solo per la magnitudo e l'azimut, la cui incertezza è stimata attraverso una deviazione standard intrinseca della distribuzione dei dati utilizzati per il calcolo. L'errore sull'epicentro viene calcolato con la deviazione standard delle coordinate usate per determinare il baricentro. Tale errore, però, non è statisticamente significativo, in quanto dipende dalla densità dei punti utilizzati per il calcolo.

Con la nuova versione di *Boxer* è possibile calcolare gli errori associati ai parametri di sorgente con due metodi distinti.

Il primo si basa sul calcolo della matrice di varianza/covarianza come l'inverso dell'Hessiano alle differenze finite della funzione *log-likelihood* al valore massimo [Guo e Ogata, 1997]:

$$\text{var}_{ij}^H = \text{inv}(-H_{ij}) = \text{inv}\left(\frac{\partial^2 L(\theta)}{\partial \theta_i \partial \theta_j}\right) \quad (5.19)$$

dove inv è la matrice inversa, L è la funzione logaritmo della *likelihood* e $\theta_{i(j)}$ sono parametri liberi. L'errore viene stimato come la radice quadrata di ogni elemento diagonale.

Il secondo approccio utilizza il metodo di ricampionamento (*resampling methods*) statistico *bootstrap*.

Ideato da Efron [1979], il *bootstrap* (letteralmente “stringhe” o “lacci di scarpe”) deriva il suo nome dall'espressione inglese “*to pull oneself up by one's bootstrap*” (tirarsi su attaccandosi ai lacci delle proprie scarpe), che ironicamente descrive il principio che sta alla base di tale metodologia: l'unico campione che si possiede viene utilizzato per crearne altri e per costruire la distribuzione teorica di riferimento. Il metodo *bootstrap* è schematizzabile in quattro passaggi fondamentali:

- 1) A partire da un campione di partenza (ad esempio X_k , con $k = 1, \dots, 10$) (*dataset*)

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10},$$

si crea un campione casuale (campione *bootstrap*) per campionamento semplice con ripetizione. Sostanzialmente si estraggono k dati dallo stesso *dataset* di partenza, senza eliminare da questo i dati estratti. In questo alcuni dati risulteranno ripetuti. Un esempio di campione *bootstrap* potrebbe essere

$$X_1, X_2, X_3, X_3, X_5, X_6, X_6, X_6, X_9, X_{10}$$

in cui sono assenti i dati X_4 , X_7 e X_8 , e i dati X_3 e X_6 sono ripetuti rispettivamente due e tre volte;

- 2) Per ciascun campione *bootstrap* si calcola lo stimatore θ desiderato ottenendo così una “*replica bootstrap*”;

- 3) Si creano campioni e repliche *bootstrap* per un numero n di volte (più è alto n , maggiore sarà l'accuratezza della stima di approssimazione);
- 4) Dalla serie di valori θ_n così ottenuti si ricavano i parametri e le statistiche desiderate.

Il *bootstrap*, considerando sempre campioni con lo stesso numero di osservazioni del *dataset* di partenza, soffre meno di problemi di indeterminazione rispetto ad altri test di ricampionamento e soprattutto conserva le caratteristiche statistiche del campione di partenza.

Nel codice di calcolo *Boxer*, il ricampionamento *bootstrap* è strutturato in tre passaggi:

- 1) una volta ottenuti i parametri del terremoto, si creano n campioni *bootstrap* dal *dataset* di partenza (con n direttamente proporzionale al numero di dati del campione);
- 2) gli n campioni *bootstrap* ottenuti sono processati con la tecnica delle *box*;
- 3) le n *box* ottenute, ognuna con proprio azimut, epicentro, dimensioni e magnitudo sono trattate statisticamente per studiarne la distribuzione in frequenza. Dai parametri ottenuti dalle repliche *bootstrap* si calcola la matrice di varianza-covarianza:

$$var_{ij}^B = \frac{\sum_{k=1}^n (\bar{\theta}_i - \theta_i^k)(\bar{\theta}_j - \theta_j^k)}{n} \quad (5.20)$$

dove θ_i^k è la stima dell' i -esimo parametro della k -esima replica *bootstrap* e $\bar{\theta}_i$ è il valore medio dell' i -esimo parametro calcolato dalla stima delle n repliche *bootstrap*. Anche in questo caso l'errore viene stimato come la radice quadrata dell'elemento corrispondente della diagonale.

Per entrambi i metodi di stima degli errori può essere isolata la parte della matrice di varianza-covarianza relativa alla latitudine φ e longitudine λ ipocentrali (convertite in Km) e alla profondità h :

$$\left\| \begin{array}{ccc} \left(\frac{a}{2\pi}\right)^2 var_{\varphi\varphi} & \left(\frac{a}{2\pi}\right)^2 \cos \varphi var_{\varphi\lambda} & \frac{a}{2\pi} var_{\varphi h} \\ \left(\frac{a}{2\pi}\right)^2 \cos \varphi var_{\lambda\varphi} & \left(\frac{a}{2\pi} \cos \varphi\right)^2 var_{\lambda\lambda} & \frac{a}{2\pi} \cos \varphi var_{\lambda h} \\ \frac{a}{2\pi} var_{h\varphi} & \frac{a}{2\pi} \cos \varphi var_{h\lambda} & var_{hh} \end{array} \right\| \quad (5.21)$$

I cui autovalori e autovettori forniscono rispettivamente le ampiezze e le direzioni dei semiassi dell'ellissoide degli errori. La proiezione sulla superficie terrestre dell'ellissoide determina l'ellisse degli errori.

5.3 Risultati

La stima dei parametri di sorgente è stata effettuata su tutti i terremoti analizzati (n. 7), tenendo conto di tutti i metodi decisionali possibili (n. 6, oltre alla stima dell'esperto) e scegliendo, tra i diversi approcci di derivazione delle *membership function* (n. 2), ovvero le *membership* unite del tipo 2 e del tipo 3. Per ogni combinazione sono stati derivati i parametri di sorgente con tutti i metodi disponibili (n. 7) della nuova versione di *Boxer*. Tutti i risultati (n. 686) sono riportati in **Appendice C**.

Visto il consistente numero di elaborazioni prodotte, in questo capitolo si è deciso di mostrare una selezione dei risultati ottenuti, ovvero di estrapolare alcuni dati significativi relativi a:

- 1) alcuni terremoti;
- 2) alcuni metodi decisionali per la stima delle intensità;

3) alcuni tipi di approccio utilizzati per costruire le *membership*;

4) alcuni dei metodi *boxer* per la determinazione dei parametri di sorgente.

Tale selezione è utile per evitare la ridondanza di risultati simili tra loro, e per sintetizzare le possibili inferenze in chiave sismotettonica.

Di conseguenza, relativamente allo schema precedente:

1) sono stati esclusi dal presente capitolo i risultati relativi al terremoto del 1876 (Monte Baldo), in quanto, per la sua magnitudo bassa (<5.5, si veda Appendice C) non permette secondo Gasperini et al. [1999] una stima dell'azimut affidabile.

2) Sono mostrati i risultati relativi alle sole *membership* unite di tipo 3. Questo perché: i) sono state preferite le *membership* unite, in quanto i risultati ottenuti (capitolo 4) sono migliori, in termini di accordo con l'esperto, rispetto a quanto ottenuto con le *membership* proprie; ii) inoltre le *membership* unite sono meno legate al terremoto in esame; iii) le *membership* unite di tipo 3, hanno mostrato, nei risultati, un accordo leggermente maggiore con l'esperto, rispetto a quello ottenuto con le *membership* di tipo 2 (capitolo 4).

3) Tra i possibili metodi decisionali per la stima finale dell'intensità sono stati selezionati il Maximin, l'Hurwicz e il WPM, perché nella maggioranza dei casi analizzati i risultati prodotti con questi metodi, in termini di confronto con l'intensità dell'esperto, sono statisticamente migliori (capitolo 4).

4) Tra tutti i possibili metodi di calcolo *boxer* si è scelto di mostrare i risultati ottenuti con il metodo classico (metodo 0, ovvero versione 3.3 del codice *Boxer*) e con i nuovi metodi 2 e 4. Entrambi i metodi, infatti consentono una stima della profondità ipocentrale e quindi acquistano una maggiore valenza sismotettonica. Il metodo 4 fornisce anche una stima dell'intensità epicentrale. I risultati dei metodi 1 e 3 non sono stati mostrati in quanto molto simili

generalmente ai risultati ottenuti per il metodo 2. I metodi 5 e 6 sono tendenzialmente simili ai risultati ottenuti per il metodo 4 ma è necessaria una precisazione: la concomitanza con l'uso di una versione ancora sperimentale di *Boxer* e la particolare minimizzazione che viene fatta per questi metodi, del tutto innovativa, relativa anche ai parametri a e b della legge di attenuazione log-lineare di Pasolini et al. [2008 a,b] (formula 5.6) deve essere approfondita attraverso una analisi sistematica (che esula dagli scopi di questa tesi) che valuti anche i possibili limiti teorici dell'applicazione di questo metodo (ad esempio potrebbe non essere applicabile a tutti i casi, ma solo ad eventi con molte intensità e densamente distribuite).

Valle d'Illasi (1891)

I parametri calcolati per il terremoto della Valle d'Illasi (**tab. 5.2**), presentano forti divergenze sotto diversi aspetti.

Valle d'Illasi, 1891 – numero di repliche bootstrap: 400																	
MB	MD	LAT	Err	Ebs	LON	Err	Ebs	Dep	Err	Ebs	ME	Err	Ebs	NA	AZI	Err	Ebs
0	Cfti3	45.556	2.39	1.17	11.154	0.38	1.15	-	-	-	5.87	0.12	0.10	12	34	100	75
0	maximin	45.557	2.96	1.85	11.155	2.88	0.91	-	-	-	6.08	0.11	0.07	15	9	16	36
0	hurwicz	45.557	2.96	1.80	11.155	2.88	0.98	-	-	-	6.08	0.11	0.06	15	9	16	38
0	wpm	45.541	9.84	2.23	11.143	7.69	0.91	-	-	-	5.78	0.1	0.14	17	16	20	32
2	Cfti3	45.551	1.35	3.17	11.198	1.43	2.04	4.04	0.30	0.47	5.66	0.12	0.06	6	65	64	79
2	maximin	45.579	2.12	5.57	11.201	1.86	2.70	4.12	0.30	0.38	5.86	0.08	0.05	5	42	54	48
2	hurwicz	45.578	2.13	5.71	11.206	2.06	2.93	4.14	0.30	0.39	5.86	0.08	0.05	5	48	46	57
2	wpm	45.569	1.55	2.70	11.188	1.42	1.71	4.07	0.30	0.25	5.74	0.09	0.09	17	43	43	66
4	Cfti3	45.553	1.63	3.89	11.198	1.58	2.06	5.27	3.55	7.61	5.59	0.11	0.26	6	65	53	8
4	maximin	45.633	4.05	3.77	11.216	3.58	2.63	24.71	7.57	10.56	5.46	0.07	0.22	5	26	13	44
4	hurwicz	45.636	4.22	3.98	11.216	3.79	2.52	26.19	7.79	10.41	5.44	0.07	0.19	5	25	12	47
4	wpm	45.571	1.70	2.34	11.19	1.60	1.66	5.04	2.60	3.47	5.69	0.09	0.25	17	45	42	58

Tabella 5. 1: parametri di sorgente ricavati da dati di intensità relativi al terremoto del 1891 nella Valle d'Illasi. MB: metodo *boxer*; MD: metodo decisionale di stima dell'intensità; LAT: latitudine; LON: longitudine; Dep: profondità; ME: magnitudo equivalente; NA: numero di località utilizzate per il calcolo dell'azimut; AZI: azimut; Err: errore dall'Hessiano associato alla grandezza specificata nella colonna precedente; Ebs: errore *bootstrap* associato alla grandezza specificata due colonne prima.

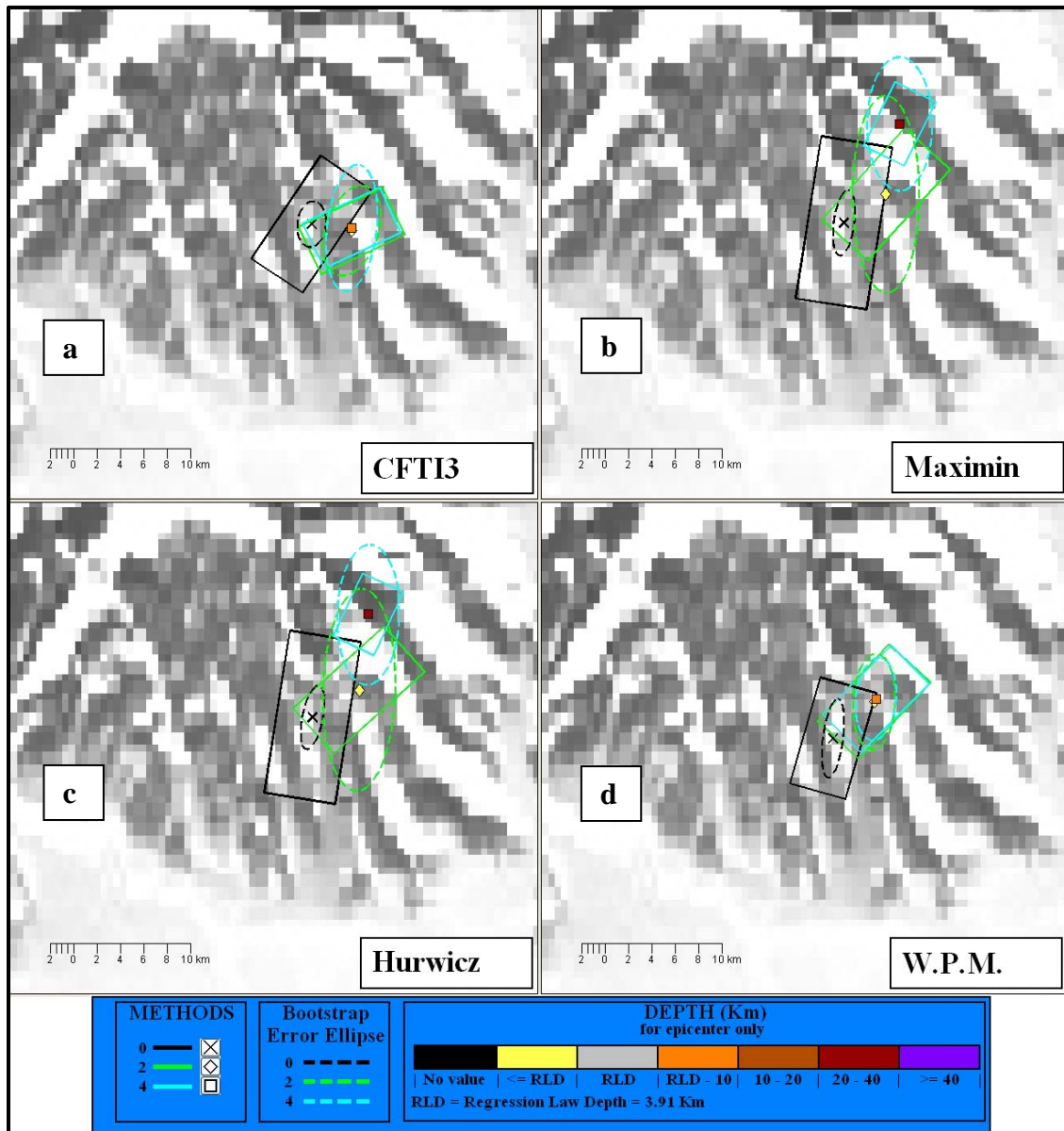


Figura 5. 3: *box*, ipocentri ed ellissi degli errori *bootstrap* ottenuti utilizzando i dati di intensità del CFTI3 (a) e quelli ricavati con il Maximin (b) , l’Hurwicz (c) e il WPM (d) per il terremoto della Valle d’Illasi del 1891.

In termini di localizzazione epicentrale si osserva una certa stabilità per tutti i metodi *boxer* (MB) utilizzati. L’eccezione si ha con il metodo 4, utilizzando le intensità derivate dai metodi di stima del Maximin e dell’Hurwicz, che spostano verso NE gli epicentri delle *box* (fig. 5.3 b, c). Questa differenza si riflette anche nel calcolo della profondità epicentrale, che si attesta attorno ai 25 Km, spostando in profondità l’ipocentro, mentre negli altri casi si attesta

su valori tra 4 e 5 Km (il metodo classico non considera la profondità). Gli azimut variano molto sia per i vari metodi *boxer* che per i metodi decisionali (MD) di stima dell'intensità. Gli errori associati all'azimut, soprattutto con il metodo 0, sono nettamente inferiori utilizzando una metodologia *fuzzy*.

Marsica (1915)

I parametri determinati per il terremoto della Marsica mostrano (tab. 5.3 e fig. 5.4) una certa stabilità per tutti i metodi considerati, sia relativi al codice *boxer* che per le diverse intensità utilizzate (MB ed MD).

Marsica, 1915 – numero di repliche bootstrap: 600																	
MB	MD	LAT	Err	Ebs	LON	Err	Ebs	Dep	Err	Ebs	ME	Err	Ebs	NA	AZI	Err	Ebs
0	Cfti3	41.986	4.79	1.80	13.648	2.91	4.41	-	-	-	7.05	0.06	0.02	39	122	15	21
0	maximin	42.026	4.23	3.10	13.472	12.38	4.80	-	-	-	7.09	0.07	0.11	31	126	12	22
0	hurwicz	42.026	4.23	3.09	13.472	12.38	5.10	-	-	-	7.09	0.07	0.11	31	126	12	23
0	wpm	41.994	18.94	2.75	13.511	17.62	4.46	-	-	-	6.81	0.13	0.13	33	126	18	30
2	Cfti3	41.996	1.47	1.29	13.581	1.52	1.63	3.76	0.16	0.04	6.85	0.11	0.03	39	116	12	12
2	maximin	41.993	1.59	1.87	13.542	1.62	1.64	4.04	0.16	0.05	6.90	0.11	0.05	31	121	14	19
2	hurwicz	41.994	1.59	1.70	13.545	1.61	1.58	4.04	0.16	0.04	6.90	0.11	0.06	31	121	14	18
2	wpm	41.994	1.55	1.44	13.547	1.49	1.31	3.97	0.16	0.03	6.92	0.10	0.04	33	123	20	29
4	Cfti3	41.995	1.40	1.27	13.586	1.44	1.65	1.00	2.26	0.06	7.26	0.08	0.03	39	116	12	13
4	maximin	41.994	1.61	1.81	13.543	1.65	1.64	3.42	3.29	2.24	6.94	0.11	0.25	31	121	14	19
4	hurwicz	41.995	1.59	1.72	13.546	1.64	1.59	3.46	3.15	2.31	6.95	0.10	0.25	31	121	14	18
4	wpm	41.996	1.42	1.42	13.550	1.49	1.33	1.00	7.93	1.27	7.35	0.05	0.17	33	123	19	29

Tabella 5. 3: parametri di sorgente ricavati da dati di intensità relativi al terremoto del 1915 nella Marsica. MB: metodo *boxer*; MD: metodo decisionale di stima dell'intensità; LAT: latitudine; LON: longitudine; Dep: profondità; ME: magnitudo equivalente; NA: numero di località utilizzate per il calcolo dell'azimut; AZI: azimut; Err: errore dall'Hessiano associato alla grandezza specificata nella colonna precedente; Ebs: errore *bootstrap* associato alla grandezza specificata due colonne prima.

Con il metodo classico (0) gli errori di localizzazione epicentrale risultano tendenzialmente maggiori rispetto agli altri metodi (colonna MB). La magnitudo equivalente è leggermente diversa con il WPM e,

in generale, con il metodo 2; l'azimut, sempre con il metodo classico, risulta invece stabile, con un intervallo di variazione di soli 4° (N122E-N126E) e piccoli errori associati. In definitiva, per tutti i metodi considerati si ha una forte stabilità per quanto riguarda: i) la localizzazione dell'epicentro, attorno a 42.0 latitudine N e 13.5 longitudine E; ii) la magnitudo, pari circa a 7; iii) l'azimut, che si attesta attorno ai N120E, in direzione "appenninica" (NO-SE).

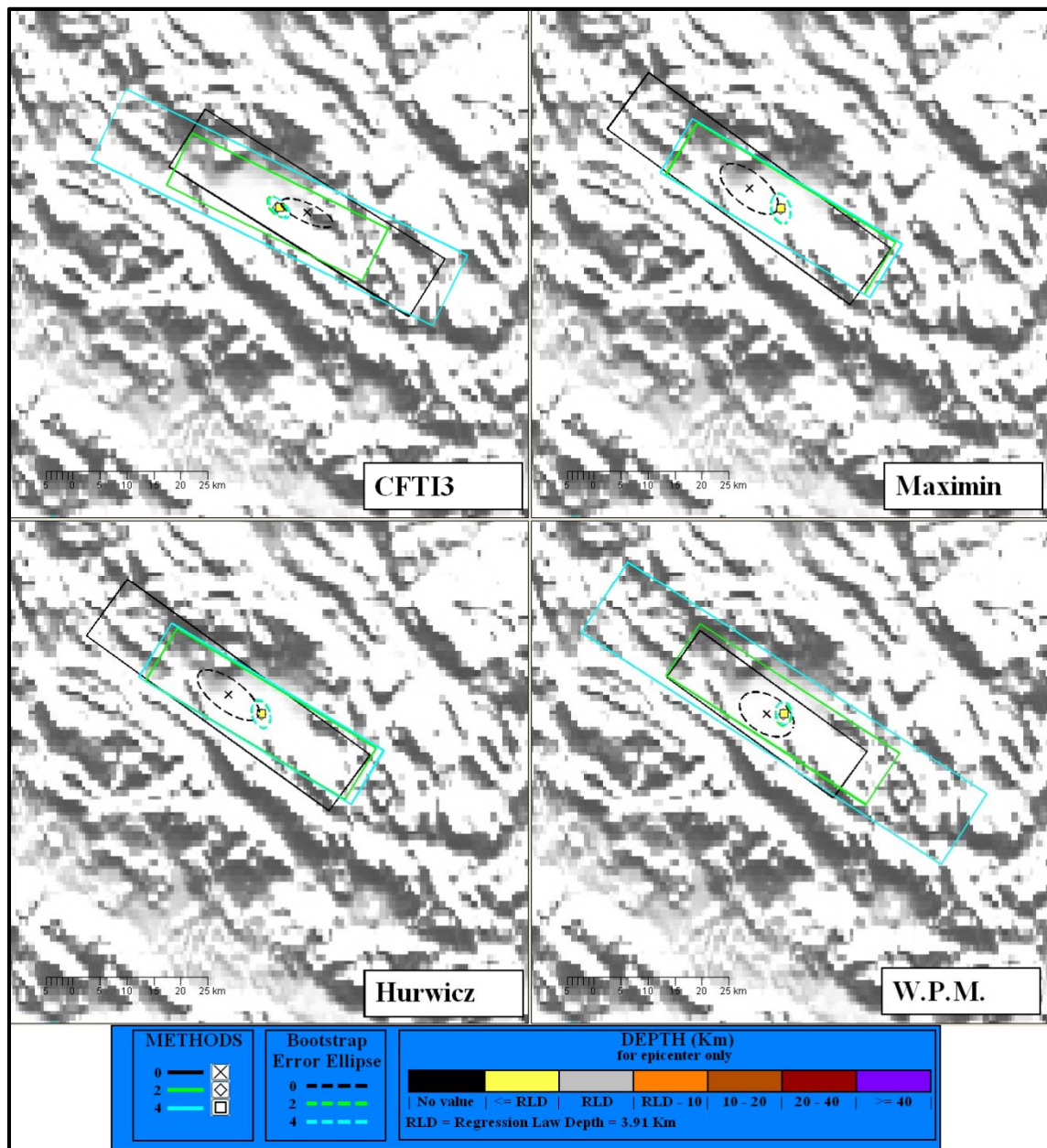


Figura 5. 4: box, ipocentri ed ellissi degli errori *bootstrap* ottenuti utilizzando i dati di intensità del CFTI3 (a) e quelli ricavati con il Maximin (b) , l’Hurwicz (c) e il WPM (d) per il terremoto della Marsica del 1915.

I risultati sembrano in buon accordo con analisi di tipo geologico-strutturale che indicano nella zona un set di faglie attive normali NO-SE (**fig. 5.5**), immergenti verso sud-ovest (DISS version 3, DISS Working Group, 2007) che sono state oggetto di numerosi studi finalizzati all'individuazione della struttura responsabile del terremoto [Ward and Valensise, 1989; Amoroso et al., 1998; D'Addezio e Valensise, 1998; Piccardi et al., 1999].

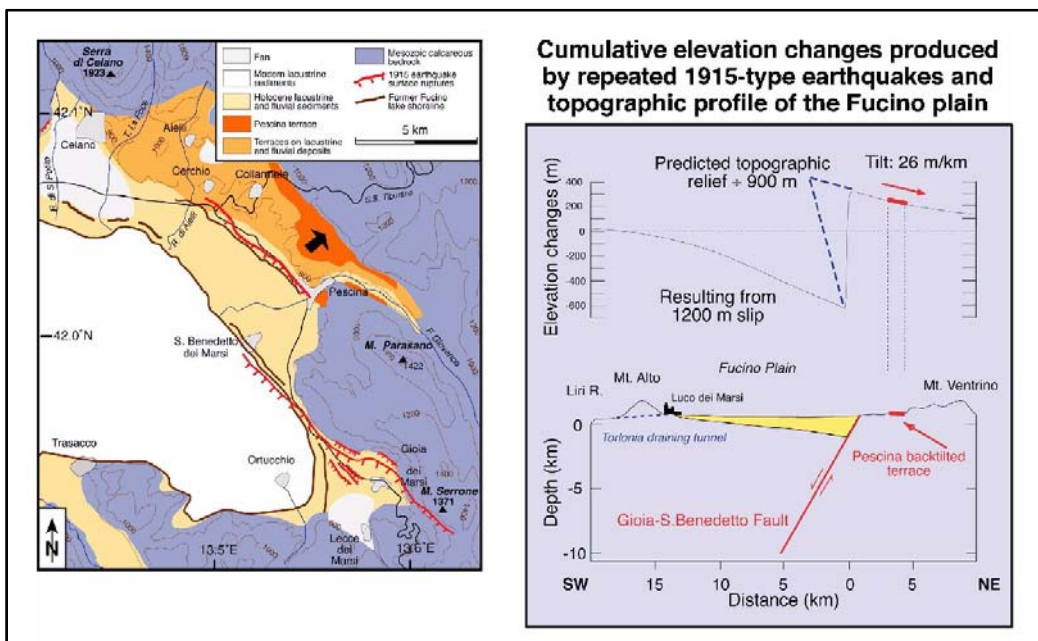


Figura 5. 5: modello di dislocazione della faglia del Fucino [da D'Addezio e Valensise, 1998].

Santa Sofia (1918)

I parametri epicentrali e la geometria della possibile struttura del terremoto di Santa Sofia (**tab. 5.4**, **fig. 5.6**) dedotta da vari metodi *boxer* (MB) e diversi set di intensità disponibili (MD), risultano piuttosto stabili.

Santa Sofia, 1918 – numero di repliche bootstrap: 150																	
MB	MD	LAT	Err	Ebs	LON	Err	Ebs	Dep	Err	Ebs	ME	Err	Ebs	NA	AZI	Err	Ebs
0	Cfti3	43.917	5.62	3.72	11.933	3.10	2.34	-	-	-	5.87	0.12	0.09	3	151	2	32
0	maximin	43.890	8.75	3.39	11.958	4.73	1.61	-	-	-	5.93	0.06	0.04	11	161	13	26
0	hurwicz	43.890	8.75	3.38	11.958	4.73	1.53	-	-	-	5.95	0.08	0.06	11	161	13	26
0	wpm	43.909	5.73	3.40	11.958	3.92	1.85	-	-	-	5.94	0.06	0.07	5	151	25	28
2	Cfti3	43.888	1.79	2.25	11.964	1.97	1.79	4.01	0.41	0.20	5.65	0.20	0.15	6	154	13	20
2	maximin	43.861	1.93	2.39	11.958	1.98	1.49	3.87	0.43	0.17	5.75	0.04	0.11	11	163	18	22
2	hurwicz	43.860	2.05	2.31	11.954	2.15	1.66	3.87	0.46	0.16	5.78	0.06	0.12	11	163	19	31
2	wpm	43.867	1.99	2.32	11.956	2.28	1.65	3.94	0.44	0.19	5.77	0.03	0.15	11	160	17	24
4	Cfti3	43.891	1.51	2.23	11.953	1.71	2.38	1.00	2.73	0.41	6.02	0.08	0.14	6	153	15	21
4	maximin	43.858	1.73	2.41	11.953	1.60	1.64	1.00	2.37	0.06	6.14	0.09	0.11	11	164	19	20
4	hurwicz	43.858	1.84	2.40	11.950	1.70	1.81	1.00	2.60	0.13	6.15	0.10	0.11	11	164	20	32
4	wpm	43.870	1.84	2.53	11.944	1.76	2.20	1.00	3.31	0.48	6.12	0.08	0.17	11	161	20	27

Tabella 5. 4: parametri di sorgente ricavati da dati di intensità relativi al terremoto del 1918 avvenuto a Santa Sofia. MB: metodo *boxer*; MD: metodo decisionale di stima dell'intensità; LAT: latitudine; LON: longitudine; Dep: profondità; ME: magnitudo equivalente; NA: numero di località utilizzate per il calcolo dell'azimut; AZI: azimut; Err: errore dall'Hessiano associato alla grandezza specificata nella colonna precedente; Ebs: errore *bootstrap* associato alla grandezza specificata due colonne prima.

La localizzazione epicentrale non mostra sostanziali variazioni e presenta errori molto piccoli. Leggere variazioni si hanno con la magnitudo calcolata con il metodo 2 rispetto a quella calcolata con gli altri metodi (0 e 4), anche se, confrontando i dati ottenuti con i vari metodi di stima dell'intensità (MD), risulta molto stabile (attorno a 5.7). L'azimut varia molto poco (circa 13°, da un minimo di N151E ad un massimo di N164E). Gli errori sono in genere contenuti (< 30°). Da un punto di vista geologico e geologico-strutturale la zona ed in particolare l'area epicentrale non sono state molto analizzate e la caratterizzazione geometrica delle possibili strutture è quantomeno difficile.

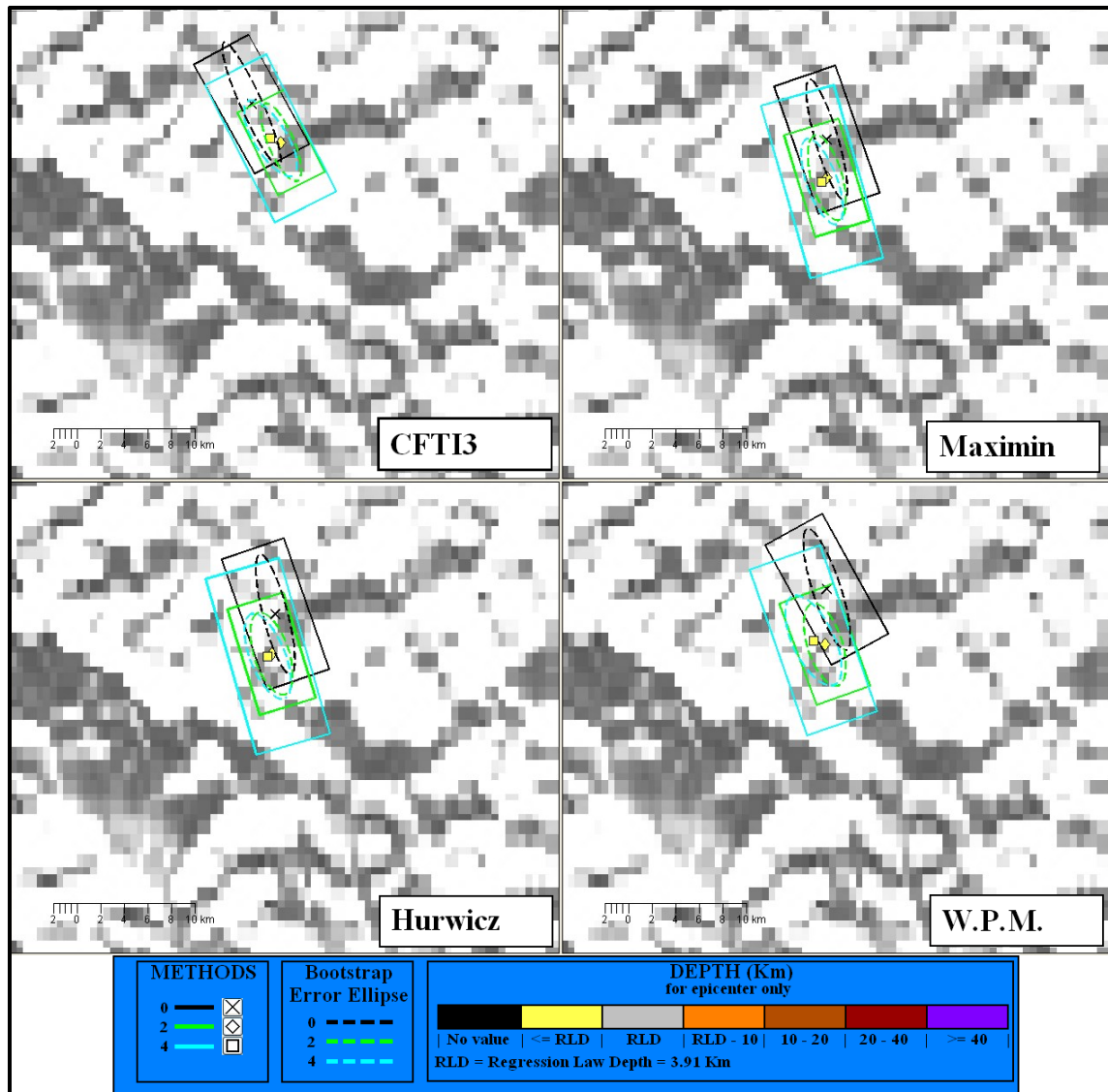


Figura 5. 6: *box*, ipocentri ed ellissi degli errori *bootstrap* ottenuti utilizzando i dati di intensità del CFTI3 (a) e quelli ricavati con il Maximin (b) , l’Hurwicz (c) e il WPM (d) per il terremoto di Santa Sofia del 1918.

Mugello (1919)

I parametri relativi al terremoto del 1919 nel Mugello (**tab. 5.5** e **fig. 5.7**), ad eccezione della bassa profondità costante per ogni metodo di analisi utilizzato, mostrano un quadro disomogeneo. L’epicentro, stabile in latitudine, presenta variazioni in longitudine (da 11.478 a 11.595 longitudine E, a seconda dei diversi metodi

(0,2,4) di calcolo del codice *Boxer*). Gli errori associati all'epicentro, risultano per ogni elaborazione sempre contenuti. La magnitudo è più alta utilizzando il metodo classico (0), è stabile intorno a 6 con il metodo 2, e varia sensibilmente con il metodo 4, con valori compresi tra quelli ottenuti con il metodo 2 e quelli ottenuti con il metodo 0.

Gli azimut sono più stabili con i metodi 2 e 4 e si differenziano notevolmente con il metodo 0, passando da N21E a N67E, con errori, soprattutto con i metodi *fuzzy*, a volte rilevanti.

Mugello, 1919 – numero di repliche bootstrap: 400																	
MB	MD	LAT	Err	Ebs	LON	Err	Ebs	Dep	Err	Ebs	ME	Err	Ebs	NA	AZI	Err	Ebs
0	Cfti3	43.955	4.31	1.00	11.483	2.22	1.07	-	-	-	6.31	0.11	0.14	22	67	17	31
0	maximin	43.959	1.54	1.61	11.495	2.82	1.39	-	-	-	6.33	0.07	0.07	22	39	84	79
0	hurwicz	43.959	1.54	1.73	11.495	2.82	1.39	-	-	-	6.32	0.05	0.06	6	32	84	23
0	wpm	43.957	1.80	2.49	11.478	1.21	1.62	-	-	-	6.36	0.10	0.11	15	21	20	51
2	Cfti3	43.945	1.36	0.89	11.554	1.57	1.66	3.94	0.22	0.06	5.94	0.10	0.07	10	100	15	19
2	maximin	43.948	1.50	1.27	11.572	1.62	1.98	3.97	0.24	0.08	6.01	0.08	0.06	4	104	17	28
2	hurwicz	43.947	1.51	1.24	11.570	1.59	1.92	3.96	0.24	0.08	6.02	0.08	0.06	4	105	18	33
2	wpm	43.951	1.83	1.50	11.595	2.35	2.89	4.09	0.25	0.10	6.05	0.13	0.07	3	95	11	26
4	Cfti3	43.946	1.54	1.11	11.545	1.72	1.89	2.42	1.29	0.86	6.07	0.11	0.13	22	92	11	19
4	maximin	43.957	1.87	1.54	11.565	1.56	2.15	1.98	1.75	0.99	6.23	0.09	0.16	5	94	25	40
4	hurwicz	43.955	1.97	1.55	11.563	1.57	2.08	2.14	1.70	1.00	6.19	0.07	0.16	4	99	18	48
4	wpm	43.951	2.04	1.78	11.595	2.38	3.13	3.94	1.61	1.37	6.06	0.13	0.18	3	94	11	34

Tabella 5. 5: parametri di sorgente ricavati da dati di intensità relativi al terremoto del 1919 nel Mugello. MB: metodo *boxer*; MD: metodo decisionale di stima dell'intensità; LAT: latitudine; LON: longitudine; Dep: profondità; ME: magnitudo equivalente; NA: numero di località utilizzate per il calcolo dell'azimut; AZI: azimut; Err: errore dall'Hessiano associato alla grandezza specificata nella colonna precedente; Ebs: errore *bootstrap* associato alla grandezza specificata due colonne prima.

La **figura 5.7** mostra la variabilità, in funzione del metodo decisionale adottato, dell'orientazione della *box* ottenuta con il metodo *boxer* classico. Utilizzando i metodi 2 e 4, invece, l'epicentro si sposta, rispetto a quello trovato con il metodo 0, verso E e l'orientazione dell'azimut è circa E-O, qualsiasi metodo di stima dell'intensità (MD) si utilizzi.

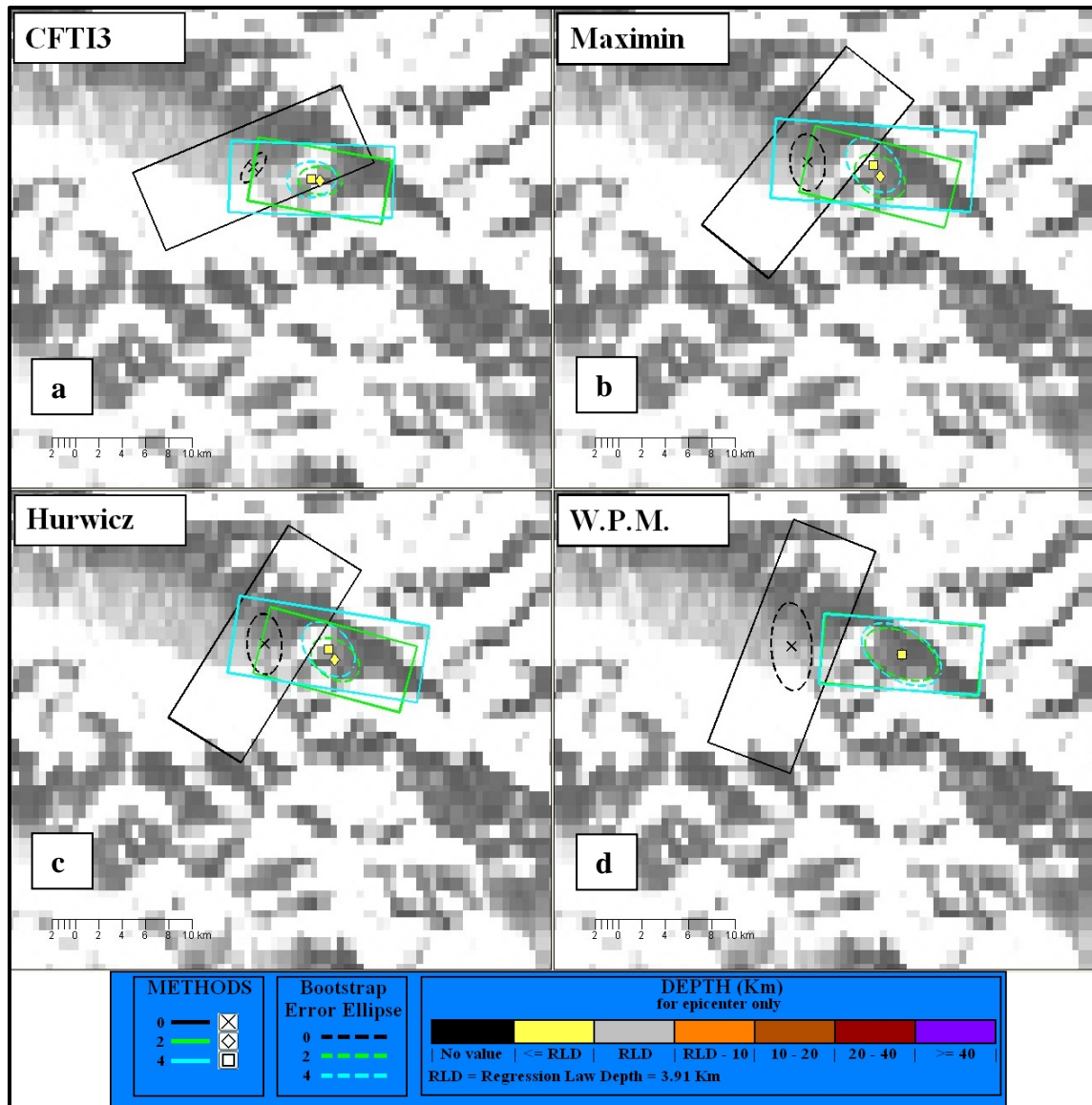


Figura 5. 7: *box*, ipocentri ed ellissi degli errori *bootstrap* ottenuti utilizzando i dati di intensità del CFTI3 (a) e quelli ricavati con il Maximin (b) , l’Hurwicz (c) e il WPM (d) per il terremoto del Mugello del 1919.

La variabilità riscontrata sia relativa alla localizzazione epicentrale, sia alla direzione azimutale può essere oggetto di osservazioni ed analisi di valenza sismotettonica. Innanzitutto si deve ricordare che lo spostamento verso Est dell’epicentro potrebbe essere derivato da una parziale sovrapposizione con l’area interessata dal danneggiamento del terremoto di Santa Sofia, avvenuto soltanto 8 mesi prima. Un’area parzialmente danneggiata dal terremoto del 1918 potrebbe dunque aver avuto un danno maggiore a seguito della

scossa del 1919, circostanza che rende meno indipendente l'intensità per il terremoto del 1919. Le valutazioni dell'esperto potrebbero essere in certi casi connesse a valutazioni di questo tipo mentre le intensità rivalutate dalla *fuzzy*, basate sulle sole descrizioni del danno, non possono tener conto di questo fenomeno. Questa osservazione può valere per il confronto tra intensità esperto e *fuzzy*. Tuttavia l'applicazione dei metodi di *boxer*, tende sempre a spostare verso est e a modificare l'orientamento della *box*. La direzione prevalente della *box*, indipendentemente dall'intensità esperto o *fuzzy* presenta nel metodo 0 orientamenti NNE-SSO molto diversi dai metodi 2 e 4, orientati invece in senso E-O.

Da notare (**fig. 5.8**) come nel metodo 0 le variazioni *bootstrap* delle direzioni dell'azimut non siano raggruppate intorno ad un valore centrale, ma siano in diversi casi bimodali o multimodali, fatto che non si verifica con i metodi 2 e/o 4.

Queste marcate differenze, soprattutto relative ad una direzione di azimut della possibile sorgente non univoca o con bassi errori (fatto che invece si riscontra per i terremoti del 1915 o 1920), potrebbe essere ricondotta a caratteristiche complesse di sorgente.

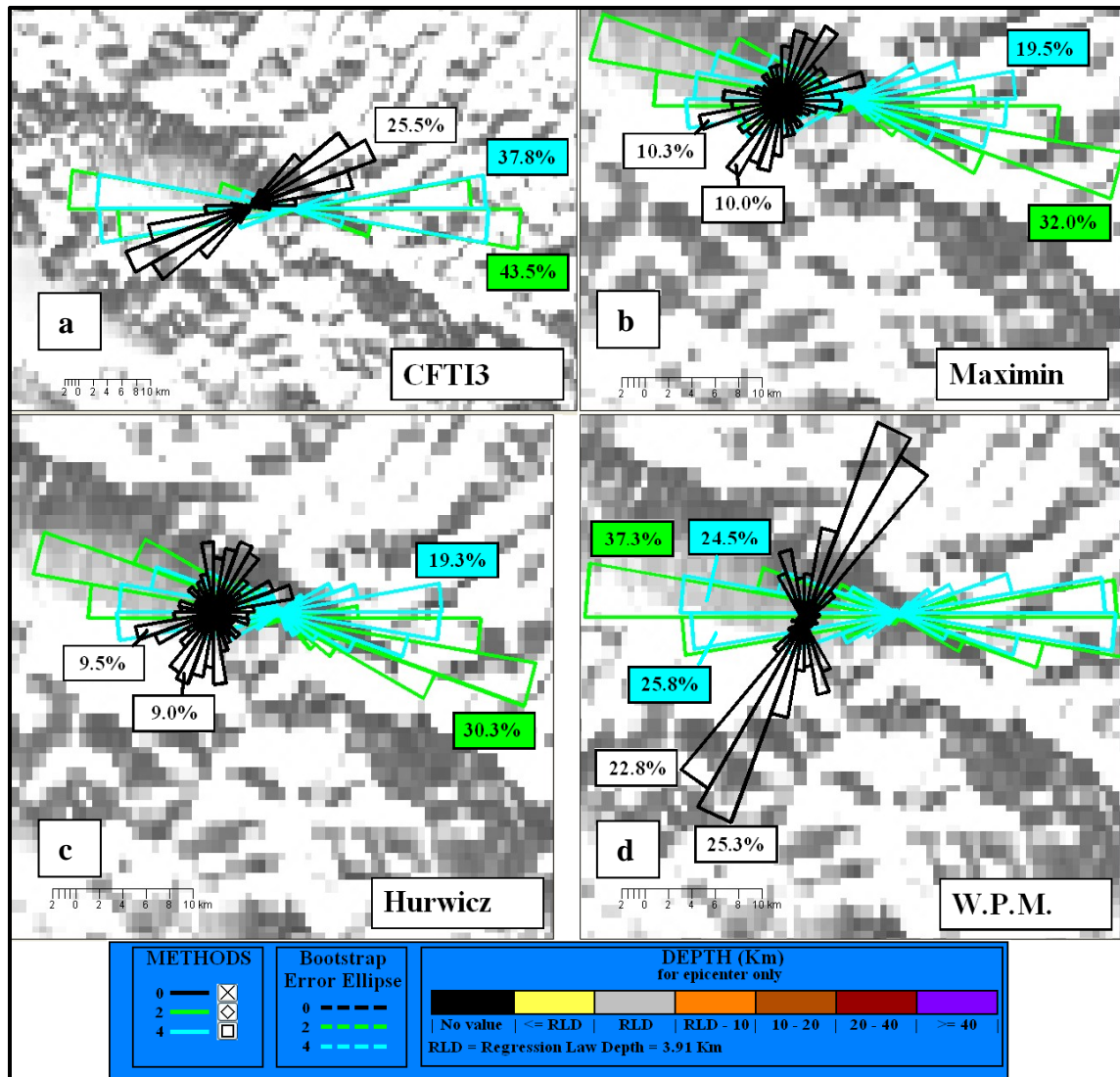


Figura 5. 8: distribuzione (bin= 10°) delle repliche *bootstrap* dell'azimut del terremoto del 1919, con metodi *boxer* 0, 2 e 4, per i dati del CFTI3 (a) e quelli *fuzzy* ottenuti con il Maximin (b), l'Hurwicz (c) e il WPM (d).

Recenti studi [Burrato e Valensise, 2008] hanno dimostrato che gli eventi con meccanismo di rottura complesso, in Italia, sono molto comuni (tab. 5.6). Gli stessi autori ipotizzano, per il terremoto del 16 dicembre del 1857 in Basilicata, sulla base di evidenze sismotettoniche e testimonianze coeve, una doppia sorgente (una localizzata nel bacino del Pergola-Melandro e l'altra nella valle di Agri, con diversa orientazione). Tali sorgenti sarebbero state responsabili di due scosse a breve distanza temporale che avrebbero prodotto il complessivo scenario di danno.

Id	Locality	Year	Description	Fault kinematics	Reference(s)
1	Irpinia (southern Apennines)	1962	Three large main shocks with MI 5.7, 6.1, and 6.0 struck on 21 August at 18:09, 18:19, and 18:44, respectively	Normal faulting	Gasparini et al., 1985; Westaway, 1987
2	Ligurian Sea	1963	Two closely spaced Ms 5.9 shocks one minute apart	Thrust faulting	Bossolasco and Eva, 1965
3	Belice (western Sicily)	1968	Four shocks of magnitude 5.7-6.0 hit between 15 and 25 January	Thrust faulting	Gasparini et al., 1985
4	Friuli (northern Italy)	1976	Three shocks with MI 6.3, 5.5, 5.3 on 6 and 11 May, followed by four shocks with MI 5.5, 5.9, 6.1, 6.0 between 11 and 15 September	Thrust faulting	Finetti et al., 1976
5	Irpinia (southern Apennines)	1980	Three separate subevents occurred on 23 November at 0, 20 and 40 s from rupture initiation. Global Mw is 6.9	Normal faulting	Westaway and Jackson, 1987; Bernard and Zollo, 1989
6	Southern Abruzzo (central-southern Apennines)	1984	Two similarly large earthquakes (Mw 5.9) occurred on 7 and 11 May	Normal faulting	Westaway et al., 1989
7	Potenza (southern Apennines)	1990	A MI 5.8 shock on 5 May triggered a sequence that continued for over a year, culminating with a similarly sized event on 26 May 1991	Strike-slip faulting	Ekström, 1994
8	Umbria-Marche (central Italy)	1997	Two Mw 5.7 and 6.0 shocks occurred on 26 September, followed by a further Mw 5.6 shock on 14 October	Normal faulting	Chiaraluce et al., 2004
9	Molise (southern Italy)	2002	Two Mw 5.7 earthquakes struck on 31 October and 1 November, triggering a swarm-like sequence	Strike-slip faulting	Chiarabba et al., 2005

Tabella 5. 6: terremoti caratterizzati da scosse multiple[da *Burrato e Valensise*, 2008].

Questo terremoto (1857) è stato analizzato [*Gasparini e Vannucci*, 2007] anche con la nuova versione di *Boxer*. Il particolare trend bimodale nelle direzioni dell'azimut e delle curve di localizzazione epicentrale (**fig. 5.9**) ha suggerito per l'evento del 1857 una probabile sorgente multipla che ha innescato l'evento e/o l'attivazione di sorgenti distinte su scala spaziale ridotta.

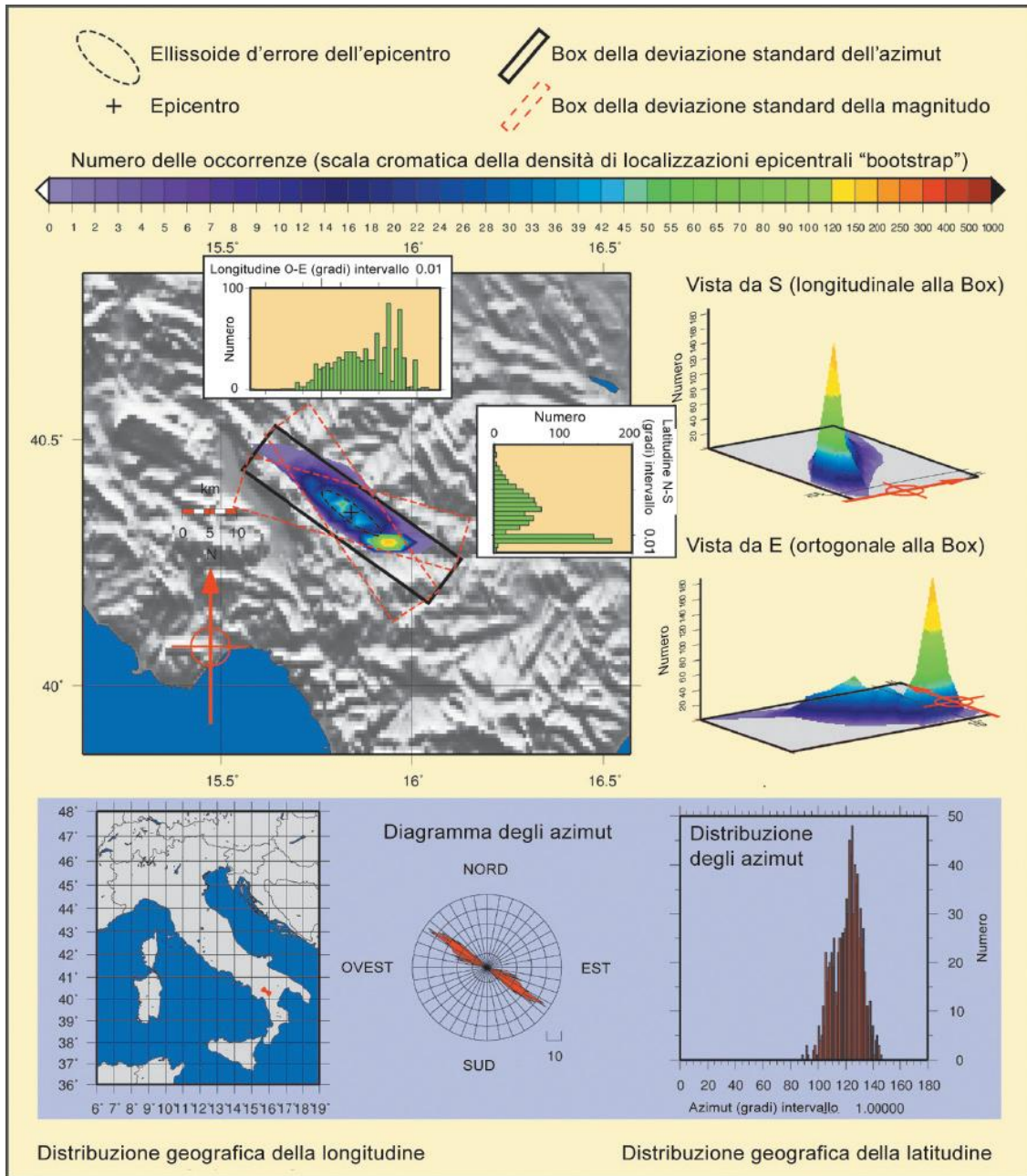


Figura 5. 9: scheda riepilogativa ottenuta con il codice di calcolo *Boxer*. Plot dei parametri di sorgente e istogrammi della distribuzione dei campioni *bootstrap* per azimuth (rosso), latitudine e longitudine (verde) epicentrali. La localizzazione epicentrale è rappresentata anche attraverso interpolazione bi- e tri-dimensionale dell'occorrenza su griglia regolare, resa per mezzo di apposita scala cromatica.

Per quel che riguarda la zona interessata dal terremoto del 1919, studi molto recenti [*Sani et al.*, in stampa; *Delle Donne*, 2005] mettono in luce la presenza di un sistema di faglie attive nel margine orientale del bacino del Mugello che presenta indizi di tettonica attiva in direzione sia appenninica che antiappenninica (**fig. 5.10**).

Tali faglie sarebbero responsabili dell'assetto morfotettonico e strutturale visibile lungo il corso orientale del fiume Sieve, dove sedimenti e terrazzi mettono in luce l'attività delle faglie normali. In direzione appenninica il sistema principale sul lato meridionale del bacino, immergente verso NE (Faglie della Sieve), sarebbe bilanciato sul margine settentrionale da un sistema di faglie attive (Vicchio *Fault System*) orientate NE-SO [Sani *et al.*, in stampa] (**figg. 5.10 e 5.11**).

Questo sistema di faglie potrebbe essere causa delle particolari caratteristiche bimodali dell'azimut riscontrate.

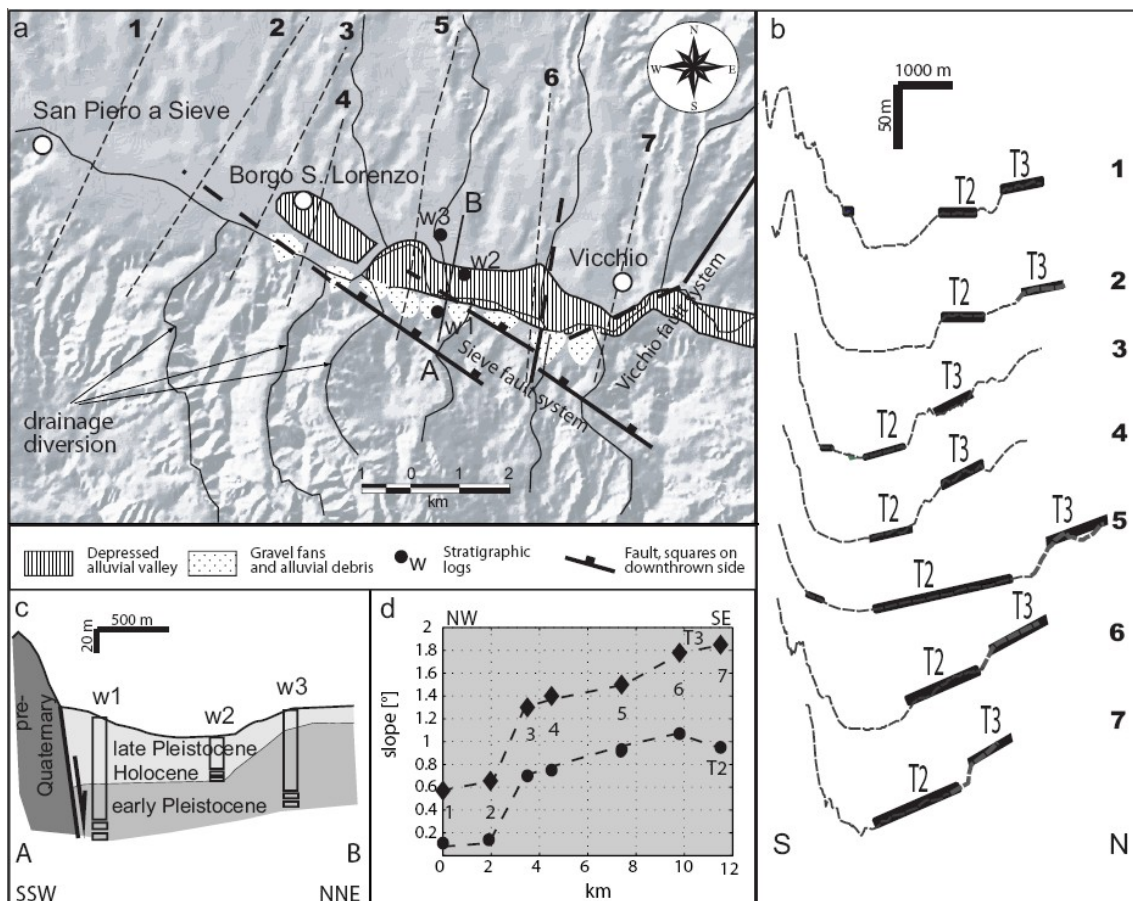


Figura 5. 10: a) mappa morfotettonica del margine meridionale del bacino del Mugello; le evidenze della presenza di un sistema di faglie attive (*Sieve fault system*) sono mostrate nei subset b, c e d. In particolare: b) i profili topografici rivelano la variazione di pendenza dei terrazzi pleistocenici (T2 e T3) che aumenta progressivamente in prossimità del lato orientale del bacino; c) la sezione A-B, ricavata dai pozzi w1, w2 e w3, mostra l'ispessimento dei sedimenti alluvionali (Olocene-tardo Pleistocene) a ridosso del lato meridionale; d) nel grafico relativo alla pendenza dei terrazzi è visibile la brusca variazione di pendenza in corrispondenza del profilo 3 [da Sani *et al.*, in stampa].

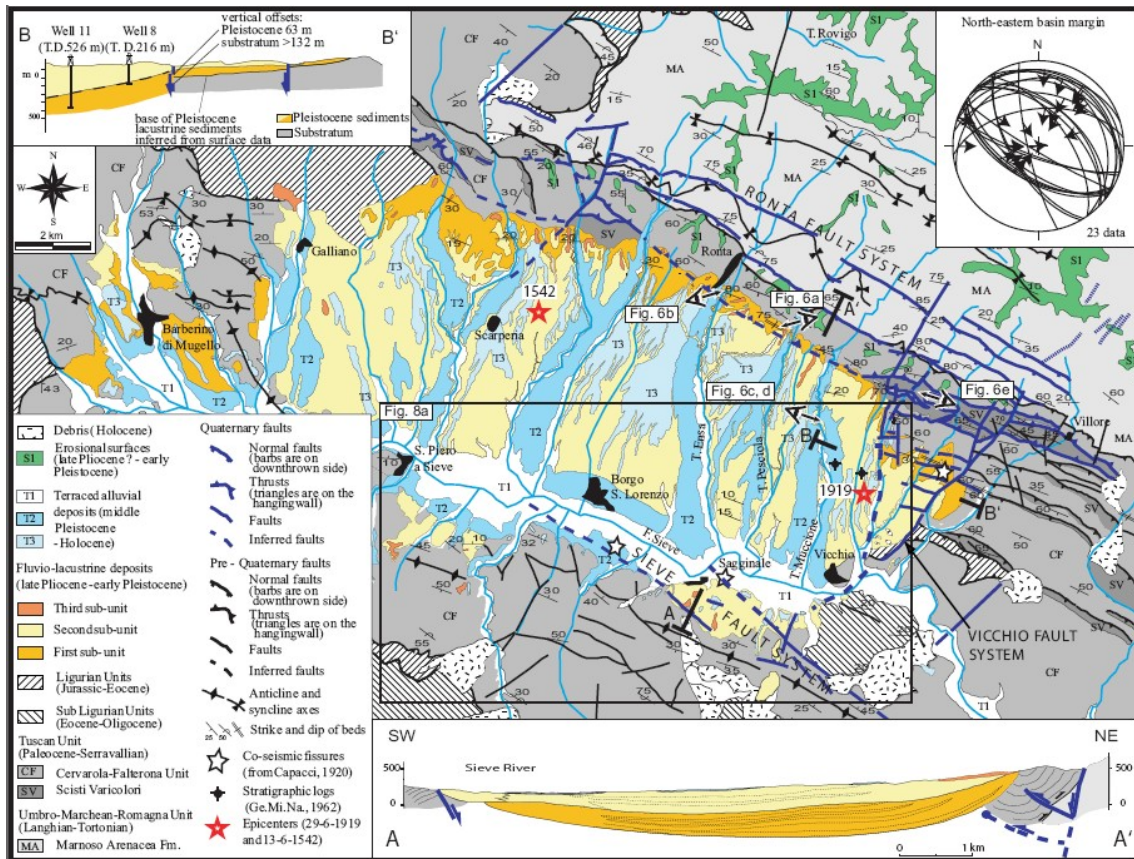


Figura 5. 11: mappa geologico-strutturale del bacino del Mugello e del sottostrato circostante. In blu sono segnate le faglie attive [da Sani et al., in stampa].

Garfagnana (1920)

La **tabella 5.7** mostra i dati ricavati dal terremoto della Garfagnana. Per quanto riguarda la localizzazione epicentrale, si nota una forte stabilità (circa 44.2 latitudine N e 10.3 longitudine E), con errori più marcati utilizzando il metodo classico (0) di derivazione dei parametri. La profondità è attorno a 4 Km per tutti i metodi. La magnitudo è maggiore se si utilizza il metodo classico (~6.5), mentre con i rimanenti metodi è stabile attorno 6.2/6.3. Gli errori associati alla magnitudo sono quasi insignificanti. L'azimut, qualsiasi combinazione di metodi (MB e MD) si utilizzi è fortemente stabile (**fig. 5.12**), con una direzione appenninica e un range di variazione di soli 8° (da N109E a N117E) (**tab. 5.7**). Gli errori *bootstrap* associati

all'azimut sono maggiori utilizzando il metodo classico (0) su dati ricavati dai metodi *fuzzy* di stima dell'intensità. Questo è dovuto essenzialmente alla forte sovrastima di due località: una, Calestano, con intensità CFTI3 del VI-VII MCS e l'altra, Coriano, del IX MCS, a cui viene assegnato il X MCS con la metodologia *fuzzy* (**fig. 5.13a**). La forte sovrastima riscontrata in Calestano è dovuta a mancanza di informazione relativa a questa località. Queste località sono spostate dalla direzione principale (circa N110E) assunta dalla *box*. Con il *bootstrap* si producono repliche delle *box* decentrate e spostate verso tali località (**fig. 5.13b**). Questo risultato è visibile anche dall'allungamento dell'ellisse degli errori bootstrap verso la località di Calestano (**fig. 5.12**).

I parametri trovati sono in buon accordo con i dati del DISS [*DISS working group*, 2007] derivanti da analisi geologiche e geomorfologiche, che forniscono per la faglia della Garfagnana Nord un'orientazione di N125E e una localizzazione di 44.18 latitudine N e 10.32 longitudine E.

Garfagnana, 1920 – numero di repliche bootstrap: 500																	
MB	MD	LAT	Err	Ebs	LON	Err	Ebs	Dep	Err	Ebs	ME	Err	Ebs	NA	AZI	Err	Ebs
0	Cfti3	44.185	4.41	1.99	10.278	14.82	6.22	-	-	-	6.46	0.06	0.05	91	111	5	11
0	maximin	44.226	8.93	5.43	10.251	16.78	5.34	-	-	-	6.47	0.03	0.04	73	117	12	75
0	hurwicz	44.219	7.85	4.56	10.266	14.21	4.52	-	-	-	6.47	0.03	0.03	71	116	12	58
0	wpm	44.206	8.39	4.95	10.297	12.69	4.90	-	-	-	6.47	0.03	0.03	71	115	11	48
2	Cfti3	44.209	1.12	0.87	10.277	1.13	1.44	3.99	0.18	0.05	6.26	0.07	0.06	7	109	16	9
2	maximin	44.209	1.33	1.38	10.304	1.24	1.62	3.82	0.19	0.08	6.27	0.06	0.12	73	114	13	26
2	hurwicz	44.208	1.34	1.49	10.305	1.21	1.60	3.87	0.19	0.08	6.26	0.05	0.06	71	115	12	31
2	wpm	44.209	1.30	1.29	10.307	1.25	1.55	3.94	0.19	0.07	6.26	0.04	0.06	71	116	12	22
4	Cfti3	44.209	1.13	0.91	10.277	1.13	1.50	4.15	0.87	0.59	6.25	0.07	0.06	7	109	16	9
4	maximin	44.206	1.49	1.38	10.300	1.35	1.74	4.41	1.19	0.94	6.23	0.07	0.14	73	114	12	25
4	hurwicz	44.205	1.49	1.43	10.302	1.34	1.74	4.40	1.22	1.05	6.23	0.06	0.10	71	115	11	28
4	wpm	44.206	1.47	1.32	10.304	1.37	1.74	4.45	1.21	1.00	6.23	0.05	0.10	71	115	11	22

Tabella 5. 7: parametri di sorgente ricavati da dati di intensità relativi al terremoto del 1920 in Garfagnana. MB: metodo *boxer*; MD: metodo decisionale di stima dell'intensità; LAT: latitudine; LON: longitudine; Dep: profondità; ME: magnitudo equivalente; NA: numero di località utilizzate per il calcolo dell'azimut; AZI: azimut; Err: errore dall'Hessiano associato alla grandezza specificata nella colonna precedente; Ebs: errore *bootstrap* associato alla grandezza specificata due colonne prima.

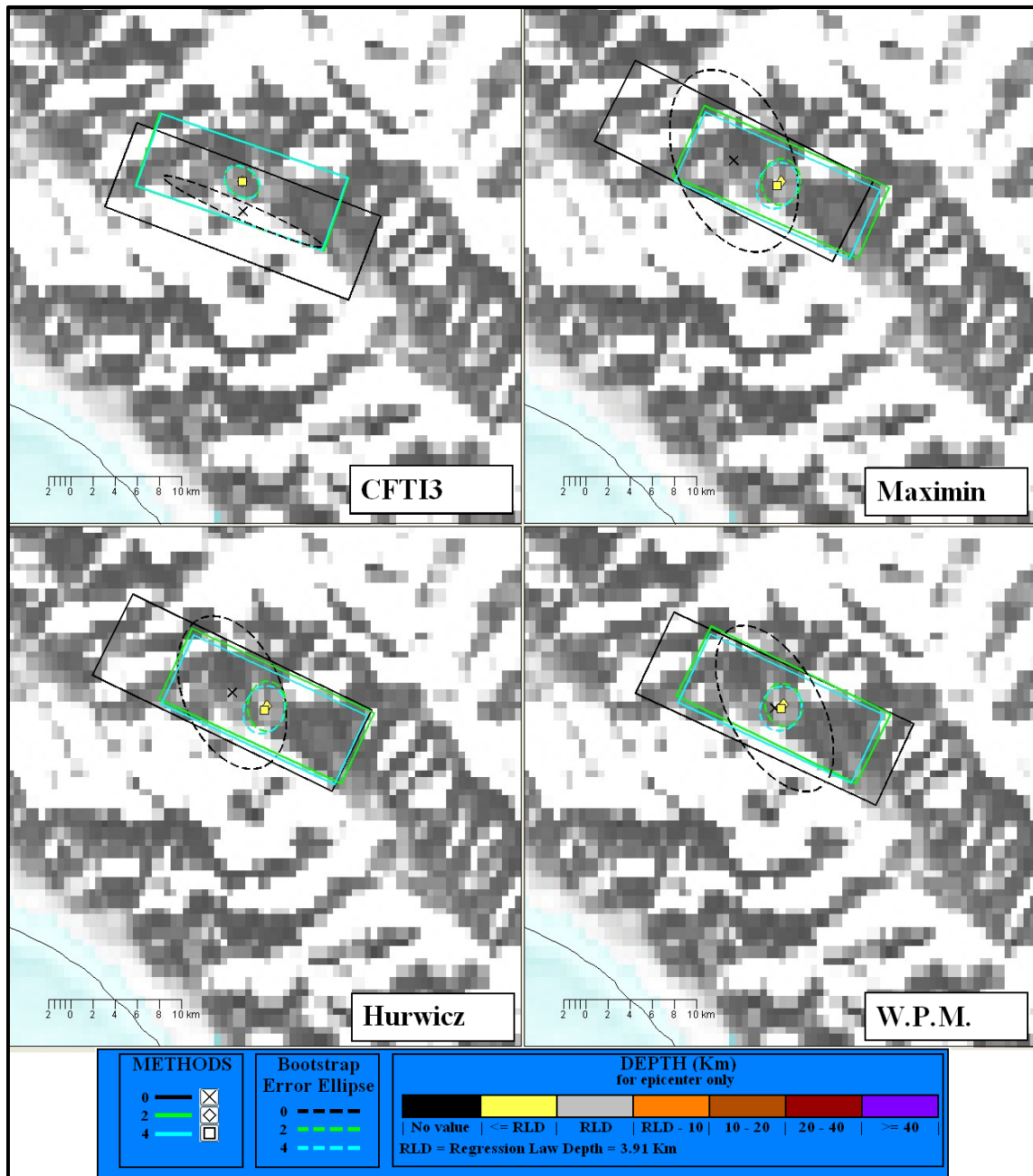


Figura 5. 12: *box*, ipocentri ed ellissi degli errori *bootstrap* ottenuti utilizzando i dati di intensità del CFTI3 (a) e quelli ricavati con il Maximin (b) , l’Hurwicz (c) e il WPM (d) per il terremoto della Garfagnana del 1920.

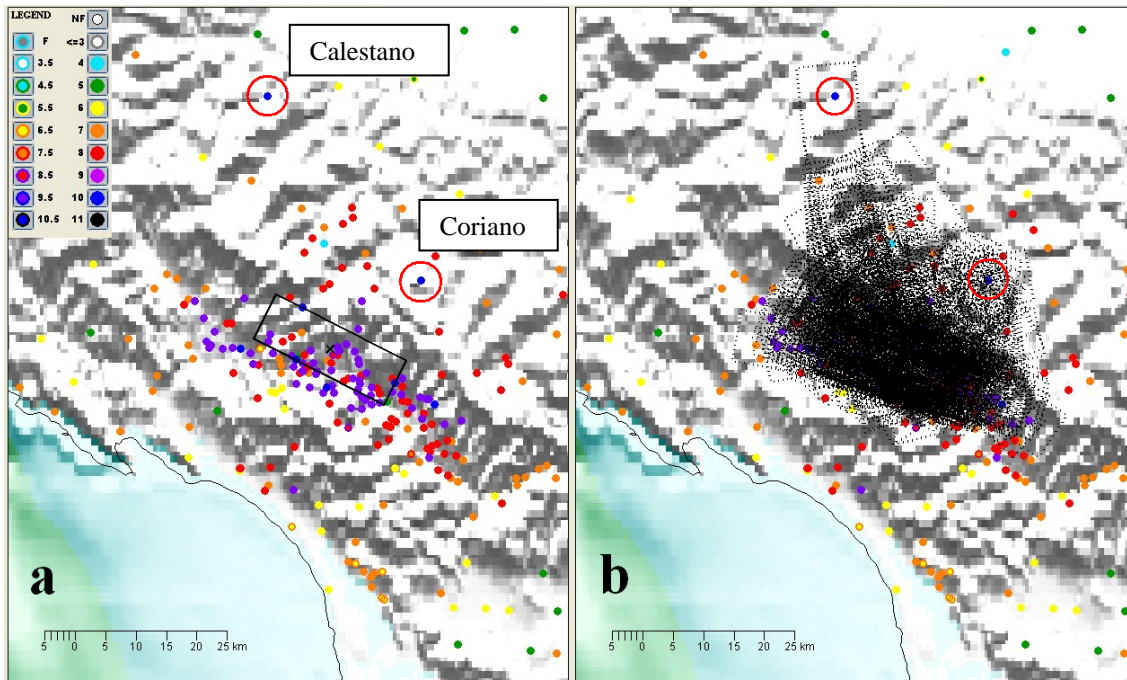


Figura 5. 13: piano quotato delle intensità stimati con il metodo Maximin e relative *box* calcolate con il metodo classico (0); in rosso le località sovrastimate dal metodo *fuzzy*; a) piano quotato e relativa *box*; b) repliche *bootstrap* della *box*; è evidente lo spostamento verso le località sovrastimate. La figura fa riferimento al solo metodo decisionale del Maximin, utilizzando gli altri metodi *fuzzy*, la situazione non cambia.

Irpinia (1930)

Il quadro fornito dai risultati ottenuti con i dati del terremoto dell'Irpinia del 1930 (**tab. 5.8**) si presta ad alcune osservazioni.

Gli epicentri calcolati con le varie combinazioni tra metodi *boxer* (MB) e metodi decisionali (MD) sono molto vicini tra loro. Sensibili differenze si registrano, in longitudine, con il metodo 4 (in particolar modo con il WPM) che sposta l'epicentro verso ovest (**fig. 5.14 d**). Gli errori associati alla localizzazione epicentrale sono molto bassi utilizzando i metodi *boxer* 2 e 4, più alti con il metodo classico (0).

La magnitudo (ME) è stabile con i metodi 0 e 2 (~6.7) e si abbassa percettibilmente con il metodo 4 (~6.3).

Interessante è il forte approfondimento dell'ipocentro ottenuto con il metodo 4, qualsiasi metodo decisionale (MD) si utilizzi. Si passa

da circa 4 Km stimati con il metodo 2 a 11-24Km con il metodo 4. Questo dato sembra correlato con una rotazione dell'azimut, marcatissima con il WPM, da una direzione appenninica (~N110E) ad una E-O (~N90E).

Irpinia, 1930 – numero di repliche bootstrap: 400																	
MB	MD	LAT	Err	Ebs	LON	Err	Ebs	Dep	Err	Ebs	ME	Err	Ebs	NA	AZI	Err	Ebs
0	Cfti3	41.055	6.41	2.89	15.361	15.01	7.30	-	-	-	6.66	0.16	0.08	11	108	11	26
0	maximin	41.076	7.26	2.95	15.290	17.53	6.23	-	-	-	6.76	0.10	0.16	13	97	27	33
0	hurwicz	41.076	7.26	2.74	15.290	17.53	6.02	-	-	-	6.76	0.10	0.16	13	97	27	35
0	wpm	41.061	5.44	2.80	15.349	15.48	6.98	-	-	-	6.52	0.14	0.09	7	112	13	33
2	Cfti3	41.074	2.32	3.08	15.315	2.48	5.26	3.76	0.22	0.21	6.64	0.16	0.04	3	112	6	27
2	maximin	41.070	2.03	2.60	15.319	1.94	2.35	4.04	0.20	0.11	6.73	0.13	0.09	13	110	18	32
2	hurwicz	41.070	2.06	2.55	15.316	1.96	2.56	4.03	0.20	0.11	6.73	0.14	0.08	13	110	19	34
2	wpm	41.060	2.54	5.27	15.320	2.02	5.54	3.83	0.20	0.19	6.80	0.07	0.07	7	113	19	50
4	Cfti3	41.071	2.62	2.26	15.263	3.38	3.87	11.80	3.55	3.30	6.30	0.25	0.13	5	107	23	39
4	maximin	41.058	2.62	2.48	15.270	2.84	2.95	17.66	4.12	4.19	6.24	0.15	0.11	13	94	25	49
4	hurwicz	41.056	2.69	2.51	15.261	2.91	3.16	18.51	4.28	4.64	6.38	0.19	0.11	13	92	25	58
4	wpm	41.045	3.04	3.09	15.225	3.22	3.34	24.65	4.51	3.60	6.31	0.21	0.09	7	88	30	67

Tabella 5. 8: parametri di sorgente ricavati da dati di intensità relativi al terremoto del 1891 nella Valle d'Ilasi. MB: metodo *boxer*; MD: metodo decisionale di stima dell'intensità; LAT: latitudine; LON: longitudine; Dep: profondità; ME: magnitudo equivalente; NA: numero di località utilizzate per il calcolo dell'azimut; AZI: azimut; Err: errore dall'Hessiano associato alla grandezza specificata nella colonna precedente; Ebs: errore *bootstrap* associato alla grandezza specificata due colonne prima.

La rotazione dell'azimut della *box* con relativo incremento della profondità dell'ipocentro, utilizzando il metodo (MB) 4, è visibile anche in **figura 5.14**, soprattutto per i dati determinati con i metodi di stima *fuzzy*. Una leggera rotazione in direzione E-O è stata riscontrata anche per il metodo 0 applicato a dati ricavati con i metodi Maximin e Hurwicz (**fig. 5.14 b, c**).

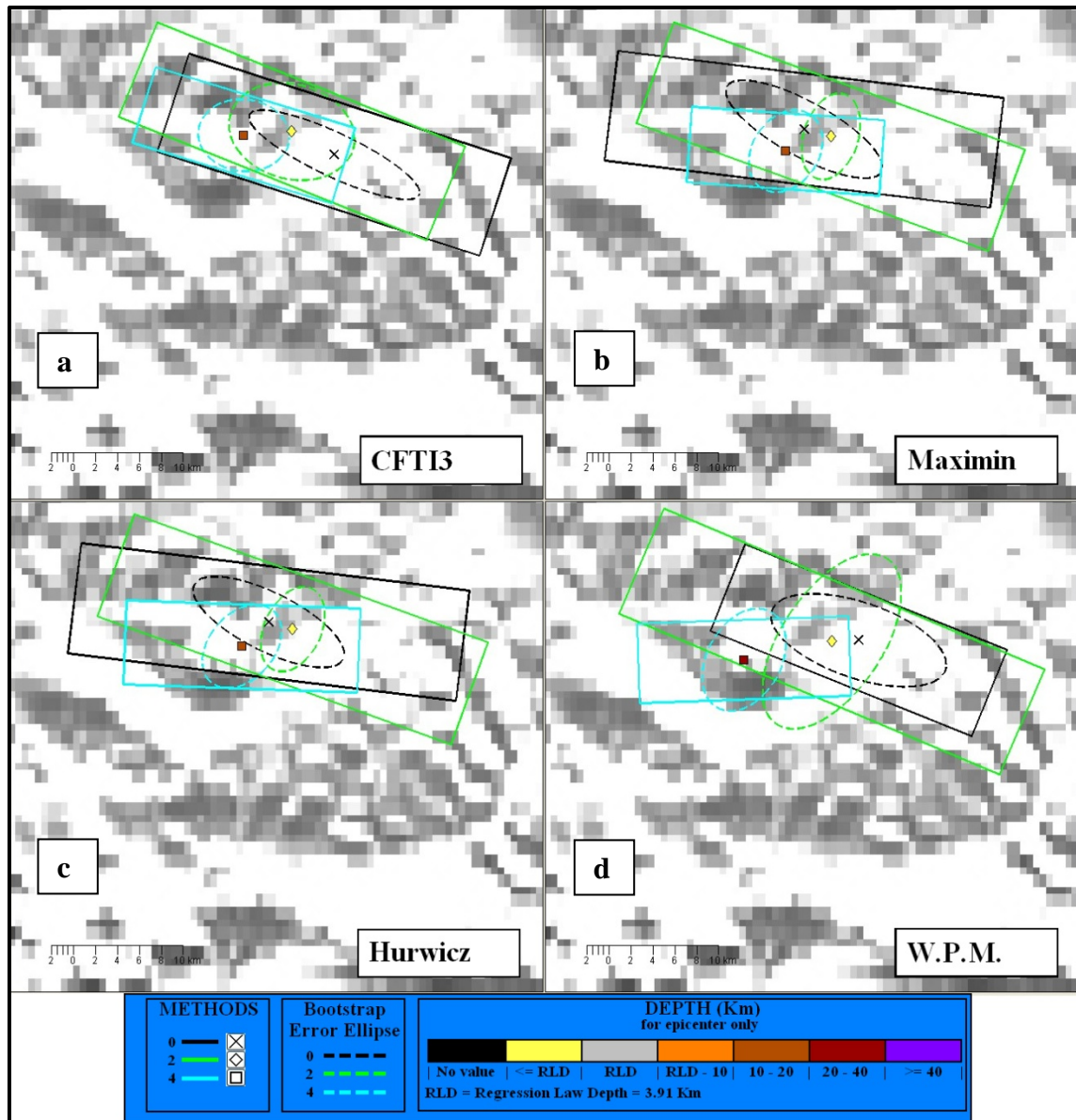


Figura 5. 14: *box*, ipocentri ed ellissi degli errori *bootstrap* ottenuti utilizzando i dati di intensità del CFTI3 (a) e quelli ricavati con il Maximin (b) , l’Hurwicz (c) e il WPM (d) per il terremoto dell’Irpinia del 1930.

Osservando in dettaglio la distribuzione (diagramma a rosa) delle repliche *bootstrap* degli azimuth ottenuti con il metodo 4 (**fig. 5.15 a,b,c**; il *bin* è pari a 10°), si può constatare come la direzione principale si sposti dalla direzione E-O riscontrata nelle *box*. Rimane tuttavia, in tutti i casi, una componente E-O significativa (intorno al 16%). Interessante è la distribuzione delle repliche *bootstrap* degli azimuth ricavati con il metodo 2, utilizzando le intensità determinate

con il metodo WPM (fig. 5.15 d). L'azimut del *dataset* di partenza è di N113E (tab. 5.8), mentre le repliche *bootstrap* hanno una distribuzione con direzione E-O prevalente.

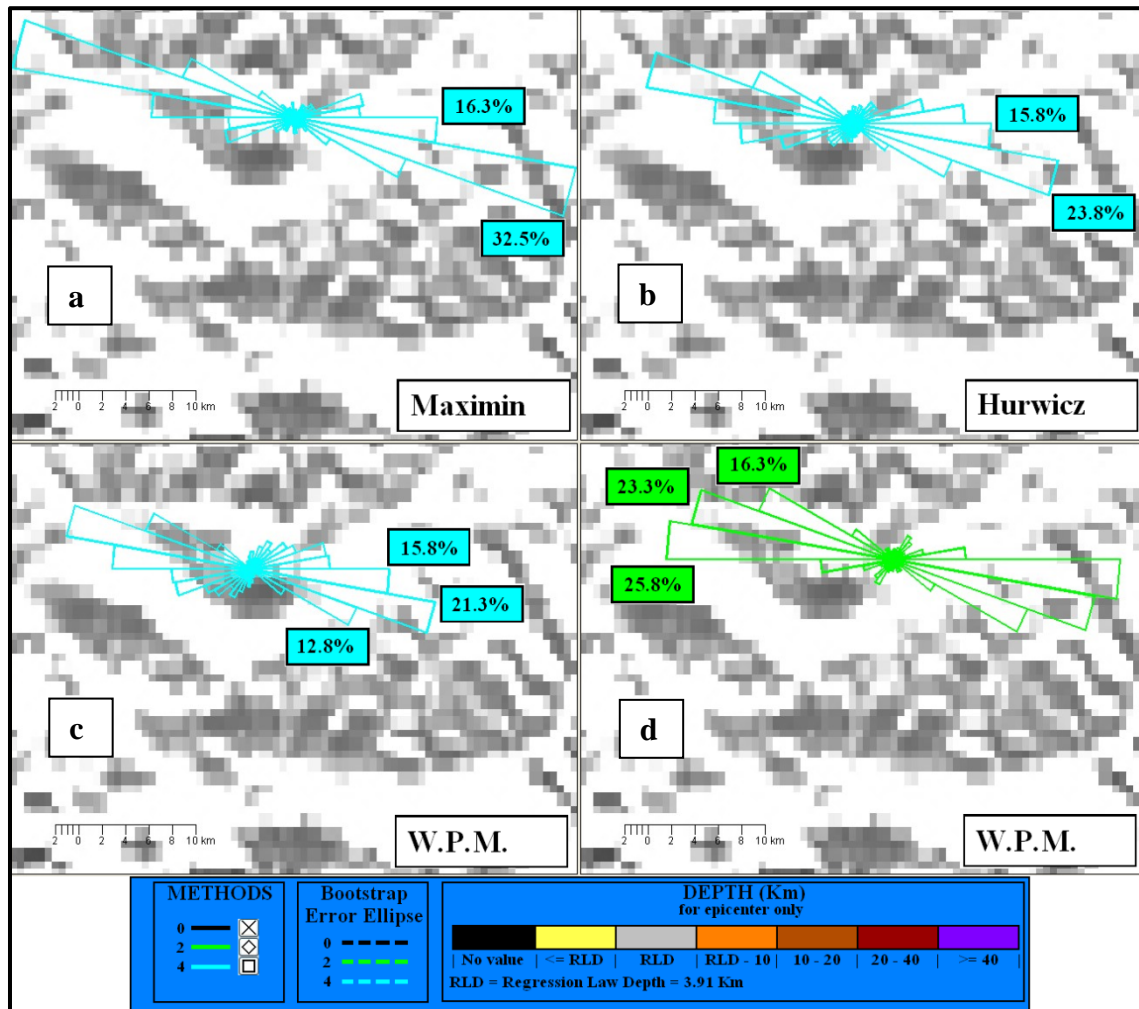


Figura 5. 15: distribuzione delle repliche *bootstrap* dell'azimut per i dati ottenuti con il Maximin (a), l'Hurwicz (b) e il WPM (c,d).

L'orientazione dell'azimut di faglia e la profondità epicentrale tra gli 11 e i 20 Km trovano riscontro nei valori, ottenuti da dati sismologici e geofisici, relativi alla faglia di Bisaccia (fig. 5.16), che presenta un'orientazione circa E-O e una profondità di 14 Km [Martini e Scarpa, 1983; Jimenez, 1991; Emolo et al., 2004; Pino et al., 2007, DISS working group, 2007].

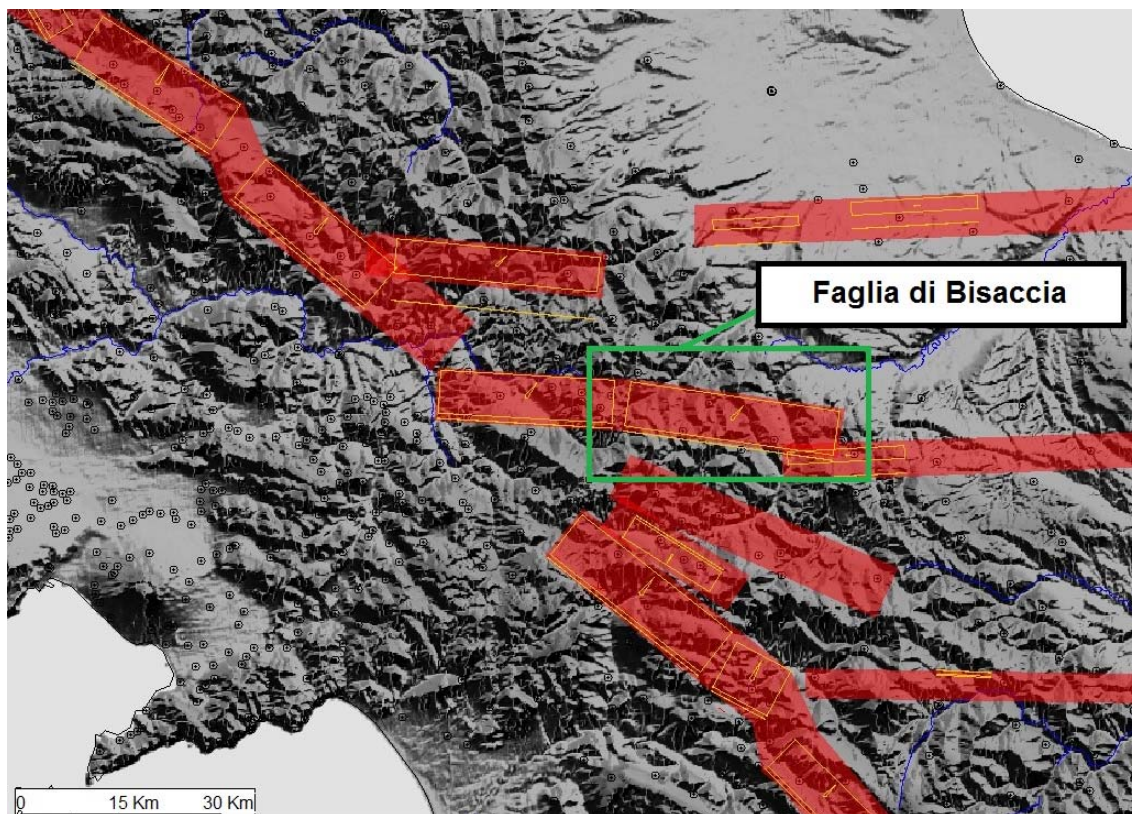


Figura 5. 16: faglia di Bisaccia, ritenuta responsabile del terremoto del 27 luglio 1930 in Irpinia [dal DISS 3.0, immagine ripresa dal sito del DISS *working group*, <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, 2009].

CONCLUSIONI

In questa tesi è stata sviluppata una procedura semi-automatica per stimare l'intensità in modo oggettivo e riproducibile. Essa è basata sull'approccio proposto originariamente da Vannucci et al. [1999] di cui sono stati migliorati vari aspetti, sia teorici che pratici, tra cui l'analisi decisionale per la stima finale dell'intensità, la metodologia di determinazione dei parametri della possibile sorgente sismogenetica, l'archiviazione dei dati macrosismici e l'associazione tra effetto e grado della scala.

L'archiviazione dell'informazione macrosismica è stata sviluppata *ex-novo* su piattaforma MS-Excel. Ciò ha permesso una facile gestione ed elaborazione delle descrizioni macrosismiche scomposte in cinque componenti logico-sintattiche. I dati sono stati successivamente elaborati con algoritmi informatici in linguaggio Matlab, basati sui principi della logica *fuzzy*, che trattano l'associazione tra effetto e grado di intensità della scala macrosismica. Una rigorosa analisi decisionale ha permesso di rivalutare i campi di intensità per le località di sette terremoti italiani analizzati: Monte Baldo (1876), Valle d'Illasi (1891), Marsica (1915), Santa Sofia (1918), Mugello (1919), Garfagnana (1920) e Irpinia (1930). I nuovi valori di intensità stimati con la procedura sviluppata in questa tesi sono stati confrontati con i dati di un catalogo macrosismico di riferimento (CFTI3), per valutare comparativamente le diverse metodologie attraverso un confronto con le stime di intensità effettuate dall'esperto macrosismico. È stato verificato, sulla base di alcuni estimatori statistici, che la migliore corrispondenza tra stime manuali ed automatiche si ha per i metodi Maximin, Hurwicz e WPM per i quali l'accordo con l'esperto è particolarmente buono.

Con l'ausilio del codice di calcolo *Boxer* [Gasperini et al. 1999], è stato possibile valutare gli effetti dei diversi approcci decisionali sulla determinazione di parametri fisici di localizzazione, orientazione e dimensioni delle sorgenti sismiche. Inoltre, lo sviluppo del codice *Boxer*, nell'ambito di una convenzione INGV-DPC (2007-2009), ha permesso di formulare ipotesi sulla disposizione delle sorgenti secondo nuove metodologie di calcolo e di stimare la stabilità dei parametri, valutandone l'incertezza. Al variare dei metodi di analisi *boxer* (MB) e dei metodi decisionali (MD) è stata riscontrata per alcuni eventi (1915, 1918, 1920) una forte stabilità dei parametri calcolati (localizzazione epicentrale, geometria della possibile sorgente) con piccole incertezze associate. Per altri eventi (1891, 1919 e 1930) i risultati hanno mostrato una maggiore variabilità sia nella localizzazione dell'epicentro che nella geometria delle box che nel primo caso è probabilmente da mettere in relazione con la ridotta consistenza del dataset di intensità mentre negli altri con possibili molteplicità delle sorgenti sismogenetiche. Anche l'analisi *bootstrap* ha messo in evidenza, in alcuni casi, le possibili asimmetrie nelle distribuzioni di alcuni parametri (ad es. l'azimut della possibile struttura), che potrebbero suggerire meccanismi di rottura su più faglie distinte.

I risultati ottenuti hanno consentito di valutare le caratteristiche delle possibili sorgenti e formulare ipotesi di carattere sismotettonico che hanno avuto alcuni riscontri indiziali con dati di tipo geologico e geologico-strutturale.

Bibliografia

- Alfano G. B. (1931). Il terremoto irpino del 23 luglio 1930. Pubblicazione dell'Osservatorio di Pompei. Pompei.
- Amoruso A., L. Crescentini e R. Scarpa (1998). Inversion of source parameters from near- and far-field observations: an application to the 1915 Fucino earthquake, central Apennines, Italy. *J. Geophys. Res.*, 103, 29989-29999.
- Bellman R. E. e L. A. Zadeh (1970). Decision making in a Fuzzy Environment. *Manag. Science* I, 17, B141-B164.
- Berardi R., C. Petrunaro, L. Zonetti, L. Magri e M. Mucciarelli (1993). Mappe di sismicità per l'area italiana, ISMES/ENEL, 51 pagg.
- Bettoni C. (1908). Cronistoria sismica della regione benacense. *Commentari dell'Ateneo di Scienze, Lettere ed Arti in Brescia per l'anno 1908*, pp.260-299.
- Black M. (1937). Vagueness: an exercise in logical analysis. *Philosophy of Science*, 4, 427-455.
- Bonarini A.: Sistemi fuzzy. *Mondo Digitale*, Anno II, n. 5, 2003, 3-14.
- Boschi E., E. Guidoboni, Ferrari G., Mariotti D., Valensise G. e P. Gasperini (eds.) (2000). *Catalogue of Strong Italian Earthquakes from 461 B.C. to 1997*. *Ann. Geofis.*, 43, 609-868, Roma.
- Brazee R. J. (1979). Reevaluation of Modified Mercalli intensity scale for earthquakes using distance as determinant. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 69, 911-924.
- Cammarata S. (1994). *Sistemi Fuzzy: un'applicazione di successo dell'intelligenza artificiale*. Etaslibri, 69-145.

- Chen S. J. e C. L. Hwang (1992). Fuzzy Multiple Attribute Decision Making : Methods and Applications. Collaboration with Frank P. Hwang. Springer-Verlag, Berlin, pp. 536.
- D'Addezio G., e G. Valensise (1998). Il terremoto di Avezzano. Guida alla scoperta degli effetti del terremoto sull'ambiente naturale. Quaderni di Geofisica, 1, 1-19.
- Davis J. C. (1973). Statistics and data analysis in geology. John Wiley, New York, pp. 550.
- Delle Donne D. (2005). Tettonica attiva dell'Appennino Settentrionale nel settore compreso tra l'Appennino Pistoiese e l'alta Val Tiberina. PhD Thesis University of Florence, 144 pp.
- DISS Working Group (2007). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.0.4: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://www.ingv.it/DISS/>.
- Easton A. (1973). One of a kind decisions involving weighted multiple objectives and disparate alternatives. J.L. Cochrane and M Zeleny (eds), in: Multiple Criteria Decision Making, University of South Carolina Press, Columbia, South Carolina, pp. 657-667.
- Efron B. (1979). Bootstrap methods: another look at jackknife. *Annals of Statistics*, 7, 1-26.
- Efron B. (1981). Nonparametric estimates of standard error: the jackknife, the bootstrap and other methods. *Biometrika* vol. 68, 3, 589-599.
- Emolo A., G. Iannaccone, A. Zollo e A. Gorini (2004). Inferences on the source mechanisms of the 1930 Irpinia (Southern Italy) earthquake from simulations of the kinematic rupture process. *Ann. Geophys.-Italy*, 47, 6, 1743-1754.

- Ercolani E. (2004). DIRECTORY per la georeferenziazione di dati macrosismici. Rapporto interno, Sezione di Milano, pp 14 + Allegati + CD-Rom.
- Ferrari, G. e E. Guidoboni (1995): Scenari sismici e stime di intensità: alcune costanti nell'applicazione della scala MCS, in Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980, edited by E. Boschi, G. Ferrari, P. Gasperini, E. Guidoboni, G. Smiriglio and G. Valensise, 78-82.
- Ferrari G., P. Gasperini, E. Guidoboni (1995). Macroseismic Intensity Evaluation with the "Fuzzy Sets Logic". *Annali di Geofisica*, 38, No. 5-6, 811-826.
- Frege G. (1879). *Begriffsschrift, eine der arithmetischen nachgebildete Formelsprache des reinen Denkens*, Verlag von Louis Nebert, Halle.
- Gasperini P. (2001). The attenuation of seismic intensity in Italy: a bilinear shape indicates the dominance of deep phases at distances longer than 45 km, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 91, 826-841.
- Gasperini P. e G. Ferrari (1995). Stima dei parametri sintetici. In: E. Boschi, G. Ferrari, P. Gasperini, E. Guidoboni, G. Smiriglio, G. Valensise (a cura di), "Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980". 96-111. Istituto Nazionale di Geofisica.
- Gasperini P. e G. Ferrari (1997). Stima dei parametri sintetici: nuove elaborazioni. In: E. Boschi, E. Guidoboni, G. Ferrari, G. Valensise, P. Gasperini, (a cura di), "Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990", 96-111. ING-SGA, Bologna
- Gasperini P., F. Bernardini, G. Valensise e E. Boschi (1999). Defining Seismogenic Sources from Historical Earthquake Felt Reports. *Bull. Seism. Soc. Am.* Vol. 89, No. 1, 94-110.

- Gasperini P. e G. Vannucci (2007). Terremoto del 16 dicembre 1857: parametri di sorgente e possibili implicazioni sismotettoniche. Estratto da: "16 dicembre 1857 un grande disastro sismico. Da un terremoto laboratorio a laboratori sul territorio", a cura di Graziano Ferrari SGA, Bologna 2007, pp. 139-147
- Goiran A. (1880). Storia sismica della provincia di Verona. Verona.
- Goiran A. (1891). Il terremoto veronese del 7 giugno 1891. In: "Rassegna delle Scienze Geologiche in Italia", vol. 1, 12-15, 156-170, Roma.
- Grünthal G. (1993). European Macroseismic Scale 1992 (up-dated MSK-scale). Conseil de l'Europe. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Ed. Grunthal G., 7, Luxembourg.
- Grünthal G. (1998). European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). Conseil de l'Europe. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Ed. Grunthal G., 15, Luxembourg, 1998
- Guo Z., e Y. Ogata (1997). Statistical relations between the parameters of aftershock in time, space and magnitude, J. Geophys. Res. 102, 2857–2873.
- Haimes Y. Y. (1985). Multiple-Criteria Decisionmaking: A Retrospective Analysis. IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., SMC-15(3), 313-315.
- Hannan E. L. (1983). Fuzzy decision-making with multiple objectives and discrete membership functions. International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 18, pp. 49-54.
- Hurwicz L.(1951). Optimality Criteria for Decision Making under Ignorance. Cowles Commission Discussion Paper, vol. 370.
- Hwang C. L. e K. Yoon (1981). Multiple Attribute Decision Making : Methods and Applications, A State of the Art Survey. Springer-Verlag, New York, pp. 259.

- Jimenez E. (1991). Focal mechanism of some european earthquakes from the analysis of single station long-periods record. in: J. Mezcua and A. Udias (eds), *Seismicity, Seismotectonics and Seismic Risk of the Ibero-Maghrebian Region*, I.G.N. n. 8, 87-96.
- Kickert W. J. M. (1978). *Fuzzy Theory on Decision Making, A Critical Review*. Martinus Nijhoff Social Sciences Division, Leiden.
- Kosko B.(1995). *Il fuzzy-pensiero : teoria e applicazioni della logica fuzzy*. 4. ed. Baldini & Castoldi, 1995. 365 pagg., Milano (Trad. di Agostino Lupoli).
- Lukasiewicz J. (1954). Philosophical remarks on many-valued systems of propositional logic. In: S. Mc Call (ed.), "Polish logic 1920-1939". Clarendon Press, Oxford.
- Luzzati C. (1990). *La vaghezza delle norme. Un'analisi del linguaggio giuridico*. Giuffrè, Milano.
- Mancini G., S. Marzocchi, G. Picinali (1993). *Corso di Filosofia*. S. Veca (a cura di), 1150 pagg., Bompiani, Milano.
- Martini M., e R. Scarpa (1983). Earthquakes in Italy in the last century. in: H. Kanamori and E. Boschi (eds) "Earthquakes, Observation Theory and Interpretation", 85th E. Fermi Summer School in Geophysics, North Holland Publ. Co., 479-492.
- Medvedev S. V., W. Sponheuer e V. Karnik (1967). Seismic intensity scale version MSK 1964. Publ. Inst. Geodynamik, Jena, 48.
- Pasolini C. , P. Gasperini, D. Albarello, B. Lolli, e V. D'Amico (2008a). The Attenuation of Seismic Intensity in Italy, Part I: Theoretical and Empirical Backgrounds, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 98, 682–691.
- Pasolini C. , D. Albarello, P. Gasperini, V. D'Amico, e B. Lolli (2008b). The Attenuation of Seismic Intensity in Italy, Part II: Modeling and Validation, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 98, 692–708.

- Piccardi L., Y. Gaudemer, P. Tapponier e M. Boccaletti (1999). Active oblique extension in the central Apennines (Italy): evidence from the Fucino region. *Geophys. J. Int.*, 139, 499-530.
- Pino N. A., B. Palombo, G. Ventura, B. Perniola e G. Ferrari (2008). Waveform modeling of historical seismograms of the 1930 Irpinia earthquake provides insight on 'blind' faulting in Southern Apennines (Italy). *J. Geophys. Res.*, 113, B05303, 10.1029/2007JB005211.
- Ralescu A. L. (1994). *Applied Research in Fuzzy Technology*. Kluwer Academic Publishers Group.
- Ribeiro R. A. (1996). Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: A Review and New Preference Elicitation Techniques. *Fuzzy Sets and Systems* 78, 155-181.
- Richter C. R. (1958). *Elementary Seismology*. ed. W.H.Freeman and Co, San Francisco, California, 768 pp.
- Russel B. (1923). Vagueness. *Australin J. Philos.* 1, 84-92.
- Russell B., A. N. Whitehead (1977). *Introduzione ai Principia matematica*. La nuova Italia. Firenze. Titolo originale: *Principia mathematica*.
- Sani F, M. Bonini, L. Piccardi, G. Vannucci, D. Delle Donne, M. Benvenuti, G. Moratti, G. Corti, D. Montanari, L. Sedda, C. Tanini. Late Pliocene-Quaternary evolution of outermost hinterland basins of the Northern Apennines (Italy), and their relevance to active tectonics. *Tectonophysics*, in press.
- Schorn J. (1902). Die Erdbeben von Tirol und Vorarlberg. In: "Zeitschrift des Ferdinandeums für Tirol und Vorarlberg", s.III, fasc.46, 99-282, Innsbruck.
- Shebalin N. V. (1973). Macro seismic data as information on source parameters of large earthquakes. *Phys. Earth Planet. Interiors*, 6, 316-323.

- Sieberg A. (1912). Über die makroseismische Bestimmung der Erdbenstärke. Ein Beitrag zur seismologische Praxis. G. Gerlands Beiträge zur Geophysik, 11, (2-4), 227-239.
- Siegel S., Castellan N. J. Jr., (1992). Statistica non parametrica. Edizione italiana a cura di Ettore Caracciolo. McGraw-Hill libri Italia, Milano pp. 477.
- Vannucci G., P. Gasperini, G. Ferrari, E. Guidoboni (1996). Codifica ed Analisi Automatizzata di Effetti Macrosismici. Atti del XV° Convegno del Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida, 11-13, Roma.
- Vannucci G., P. Gasperini, G. Ferrari e E. Guidoboni (1999). Encoding and Computer Analysis of Macroseismic Effects. Phys. Chem. Earth (A), Vol.24, No. 6, 505-510.
- Vannucci G., P. Gasperini, G. Ferrari (2000). Reducing the subjectivity of intensity estimates: the Fuzzy Set approach. Annali di Geofisica, 43, No. 4, 721-727.
- Veronesi M., A. Visioli (2003). Logica fuzzy : fondamenti teorici e applicazioni pratiche. 3. ed. F. Angeli, 144 pagg., Milano
- Ward S. N., e G. Valensise (1989). Fault parameters and slip distribution of the 1915, Avezzano, Italy earthquake derived from geodetic observations. B. Seismol. Soc. Am., 79, 690-710.
- Watanabe S. (1978). A Generalized Fuzzy-set Theory. IEEE Trans. Syst., Man, and Cybern., SMC-8, 756-760.
- Wells D. L. e K. J. Coppersmith (1994). New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. Bull. Seism. Soc. Am., 84, 974-1002.
- Wood H. O. e F. Neumann (1931). Modified Mercalli scale of 1931. Bull. Seism. Soc. Am., 21.

- Xiang W. N., J. G. Fabos, E. B. Mac Dougall e M. Gross (1987). Evaluation of Landscape Plan Alternatives (The Application of a Fuzzy Group Multi-Criteria Decision Making Model). Research Bulletin, 717. Massachusetts Agricultural Experiment Station University of Massachusetts at Amherst College of Food and Natural Resources, 717, 70.
- Yager R. R. (1977). Multiple Objective Decision-Making Using Fuzzy Sets. Int. J. Man-Machine Studies, 9, 375-382.
- Yager R. R. (1978). Fuzzy decision-making including unequal objectives. Fuzzy Sets and Systems, Vol. 1, No. 2, 87-95.
- Zadeh L. A. (1965). Fuzzy Sets, Information and Control. 8, 338-353.
- Zadeh L. A. (1973). Outline of a new approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes. IEEE Trans. On Systems, Man, Cybern, vol.SMC-3, 28-44.
- Zadeh L. A. (1975a). The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning -1. Information Sciences, vol.8, 199-249.
- Zadeh L. A. (1975b). The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning – 2. Information Sciences, vol.8, 301-357.
- Zadeh L. A. (1975c). The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning -3. Information Sciences, vol.9, 43-80.
- Zebda A. (1984). The Investigation of Cost Variances: A Fuzzy Set Theory Approach. Decision Sciences. 15(3), 44-59.
- Zimmermann H. J. (1985). Fuzzy Set Theory and its applications. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Zimmermann H. J. (1987). Fuzzy Set, Decision Making and Expert System. Kluwer Academic Publishers, Boston.

Siti Internet

<http://diss.rm.ingv.it/diss/>, 2009

<http://ibogfs.df.unibo.it/user2/paolo/www/boxer/boxer.html>, 2009

http://it.wikipedia.org/wiki/Logica_matematica, 2009.

http://it.wikipedia.org/wiki/Algebra_astratta, 2009.

<http://it.wikipedia.org/wiki/Combinatorica>, 2009.

http://www.iit.nrc.ca/IR_public/fuzzy/fuzzyJDocs/FuzzyModifier.html, 2009.

APPENDICE A

SCALE MACROSISMICHE

Dal 1500 ad oggi sono state compilate numerose Scale macrosismiche, ma per la moderna sismologia solo poche si sono rivelate di grande utilizzo, la prima delle quali è la Rossi–Forel del 1884. Nello stesso anno la Japan Meteorological Agency Seismic Intensity redige una Scala basata su quattro Shindo (letteralmente “grado di scuotimento”): appena percettibile, debole, forte, violento. Con le successive modifiche nel 1898, nel 1908 e, l’ultima, nel 1995 i gradi vennero portati a 10, furono inserite descrizioni più dettagliate correlate anche con i picchi di accelerazione del suolo. Successiva alla Rossi-Forel è la Scala Mercalli [Mercalli, 1897; 1902], costituita da 10 gradi di intensità e con osservazioni migliori della De Rossi–Forel. In seguito fu revisionata da Cancani [Cancani, 1904], che la riordinò in 12 gradi, e da Sieberg [1912; 1932], che ne potenziò il potere risolutivo. Il risultato fu la Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS), che, ancora oggi, è la più utilizzata, soprattutto in territorio italiano, essendo la più adatta per la tipologia edilizia nazionale.

Con l’introduzione della tipologia degli edifici nella valutazione del grado, fu poi redatta nel 1931 la Mercalli Modificata (MM-31) [Wood e Neumann, 1931], rivisitata poi da Richter (MM-56) [Richter, 1956]. Nel 1964 fu pubblicata, da Medvedev, Sponhauer e Karnik, una scala con descrizioni molto dettagliate (MSK-64) [Medvedev et al., 1967] ed una sua ulteriore versione venne elaborata da Medvedev nel 1977 [Medvedev, 1977]. Nel 1980 fu redatta la China Seismic Intensity Scale dalla CEA (China Earthquake Administration), rivisitata nel 1999 e nel 2008 dopo il terremoto nella provincia di Sichuan. Costituita da 12 gradi di intensità (liedu), nei gradi più elevati le descrizioni sono correlate con grandezze fisiche (picchi di velocità e di accelerazione del suolo). Una delle scale più recenti è la European Macroseismic Scale (EMS-92) [Grünthal, 1993] aggiornata nel 1998 (EMS-98) [Grünthal, 1998], che tiene conto anche della tipologia e vulnerabilità degli edifici colpiti.

Nelle pagine seguenti viene riportata la Scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS), utilizzata in questa tesi per la stima dell’intensità macrosismica.

SCALA MCS (MERCALLI-CANCANI-SIEBERG, 1932)

I GRADO: *Impercettibile*. Rilevata soltanto da sismografi

II GRADO: *Molto leggero*. Recepito soltanto da rari soggetti nervosi oppure estremamente sensibili se in perfetta quiete e quasi sempre nei piani superiori dei caseggiati.

III GRADO: *Leggero*. Anche in zone densamente abitate viene percepito come tremolio soltanto da una piccola parte degli abitanti nell'interno delle case, come nel caso del passaggio di un'automobile a velocità elevata; da alcuni viene riconosciuto quale fenomeno sismico soltanto dopo averne ragionato.

IV GRADO: *Moderato*. Delle persone che si trovano all'esterno degli abitati ben poche percepiscono il terremoto. All'interno viene identificato da molte, ma non da tutte le persone in seguito al tremare oppure a oscillazioni leggere di mobili. Cristalleria e vasellame, posti a breve distanza, urtano come al passaggio di un pesante autocarro su pavimentazione irregolare. Finestre tintinnano, porte, travi ed assi scricchiolano, cricchiano i soffitti. In recipienti aperti liquidi vengono leggermente mossi. Si ha la sensazione che, in casa, un oggetto pesante (sacco, mobili) si rovesci, oppure di oscillare con tutta la sedia od il letto come su una nave con mare mosso. In generale questi movimenti non provocano paure a meno che le persone non si siano innervosite o spaventate a causa di terremoti precedenti. In rari casi i dormienti si svegliano.

V GRADO: *Abbastanza Forte*. Perfino nel pieno delle attività giornaliere, il sisma viene percepito da numerose persone sulle strade e se sensibili anche in campo aperto. Nell'appartamento si avverte in seguito allo scuotere dell'intero

edificio. Piante e rami deboli di cespugli ed alberi si muovono con evidenza, come se ci fosse un vento moderato. Oggetti pendenti entrano in oscillazione, per esempio: tendaggi, semafori e lampade pendenti, lampadari non troppo pesanti; campanelli suonano, orologi a pendolo si fermano od oscillano con maggior periodo dipendentemente dalla direzione della scossa se perpendicolare o parallela al moto di oscillazione; a volte orologi a pendolo fermi possono rifunzionare; molle dell'orologio risuonano; la luce elettrica guizza o cade in seguito a. movimenti della linea; quadri urtano battendo contro le pareti oppure si spostano; vengono versate piccole quantità liquide da aperti recipienti colmi; ninnoli ed oggetti del genere si possono rovesciare, eppure oggetti addossati alle pareti, arredi leggeri possono perfino essere spostati di poco; mobili rintonano; porte ed imposte sbattono; i vetri delle finestre si infrangono. Quasi tutti i dormienti si svegliano. Sporadici gruppi di persone fuggono all'aperto.

VI GRADO: Forte. Il terremoto viene notato da tutti con paura; molti rifuggono all'aperto; alcuni hanno la sensazione d'instabilità.. Liquidi si muovono fortemente. Quadri, libri e cose simili cadono dalle pareti e dagli scaffali; porcellane si frantumano; suppellettili assai stabili, perfino isolati pezzi d'arredo vengono spostati se non rovesciati; campane minori in cappelle e chiese, orologi di campanili battono. Case isolate solidamente costruite subiscono danni leggeri; spaccature nell'intonaco, caduta del rinzafo di soffitti e di pareti. Danni più forti, ma non ancora perniciosi si hanno sugli edifici mal costruiti. qualche tegola e pietra di camino cade.

VII GRADO: Molto Forte. Lesioni notevoli vengono provocate ad oggetti di arredamento anche di grande peso rovesciandoli e frantumandoli. Grandi campane rintoccano. Corsi d'acqua, stagni e laghi si agitano ed intorbidiscono a causa della melma smossa. Qua e là, consolidamenti delle sponde di sabbia e ghiaia scompaiono. Fontane variano il livello d'acqua. Danni moderati a numerosi edifici di forte struttura: piccole spaccature nei muri, cadono toppe piuttosto grandi dell'incalcinatura e dello stucco. A volte, mattoni. Le case vengono scoperchiate. Molti fumaioli vengono lesi da incrinature, da cadute di tegole, da fuoriuscita di pietre; camini già rovinati si rovesciano sopra il tetto danneggiandolo. Da torri e costruzioni alte cadono decorazioni mal fissate. Quando la casa è a pareti intelaiate

te, i danni all'incalcinatura e all'intelaiatura sono più gravi. Case mal costruite oppure riattate a volte crollano.

VIII GRADO: *Rovinoso*. Interi tronchi d'albero pendono inanimi, o perfino si staccano. Anche i mobili più pesanti vengono portati lontano dal proprio luogo d'origine ed a volte rovesciati. Statue, pietre miliari, in chiese, in cimiteri e parchi pubblici ruotano sul proprio piedistallo oppure si rovesciano. Solidi muri di cinta in pietra sono aperti ed atterrati. Un quarto circa delle case è gravemente lesa; alcune crollano; molte divengono inabitabili. Negli edifici ad intelaiatura, gran parte di queste cadono. Case in legno vengono schiacciate o rovesciate. Si sente spesso che campanili di chiese e di fabbriche con la loro caduta provocano purtroppo ad edifici vicini spesso lesioni più gravi di quanto non avrebbe fatto da solo il terremoto. In pendii e terreni acquitrinosi si formano crepe. Dalle paludi si ha l'espulsione di sabbia e di melma.

IX GRADO: *Distruittivo*. Circa la metà di case in pietra sono distrutte; parecchie crollano; la maggior parte diviene inabitabile. Case ad intelaiatura sono divelte dalle proprie fondamenta e crollano; travi strappate dipendentemente dalle circostanze contribuiscono assai alla rovina.

X GRADO: *Completamente distruittivo*. Gravissima distruzione di circa 3/4 degli edifici; la maggior parte crolla. Perfino costruzioni solide di legno e ponti subiscono gravi lesioni, alcuni vengono distrutti. Argini e dighe ecc., ecc. chi più, chi meno, sono danneggiati notevolmente, binari leggermente piegati e tubature (gas, acqua e scarichi) vengono troncate, rotte e schiacciate. Nelle strade lastricate ed asfaltate si formano crepe e per pressione sporgono larghe pieghe ondose. In terre meno dense e più umide si creano spaccature fino alla larghezza di più decimetri; si notano parallelamente ai corsi d'acqua crepature che raggiungono larghezze fino ad un metro. Non soltanto scivolano pezzi di terra dai pendii, ma interi macigni rotolano a valle. Grossi massi si staccano dagli argini dei fiumi e di coste scoscese, riviere basse subiscono spostamenti di masse sabbiose e fangose; per cui il livello del terreno non viene notevolmente variato. Le fontane variano di frequente il livello dell'acqua. Da fiumi, canali, laghi ecc., le acque vengono gettate contro le sponde..

XI GRADO: *Catastrofico*. Crollo di tutti gli edifici in muratura, soltanto costruzioni e capanne di legno ad incastro di grande elasticità ancora reggono. Anche i più grandi e più sicuri ponti crollano a causa della caduta di pilastri di pietra o del cedimento di quelli in ferro. Binari si piegano fortemente e si spezzano. Tubature vengono spaccate e rese irreparabili. Nel terreno si manifestano vari mutamenti di notevole estensione, dipendentemente dalla natura del suolo: grandi crepe e spaccature si aprono e soprattutto in terreni morbidi ed acquitrinosi il dissesto è considerevole sia orizzontalmente che verticalmente. Ne segue il trabocco di sabbia e melma con le diverse manifestazioni. Sfaldamento e caduta di massi sono frequenti.

XII GRADO: *Grandemente catastrofico*. Non regge alcuna opera d'uomo. Lo scombussolio del paesaggio assume aspetti grandiosi. Flussi d'acqua sotterranei in superficie subiscono i mutamenti più vari: si formano cascate, laghi scompaiono, fiumi deviano.

Visione schematica dei più significativi particolari della scala Mercalli, Cancani, Sieberg [1932]

<i>Effetto</i>	Oggetto, quantità, gravità, caratteristiche specifiche	Grado MCS
"Percepito"	Rari, in quiete, nei piani superiori	II
	Da pochi all'interno delle case	III
	Numerosi nelle case, sporadici all'esterno	IV
"Dormienti si risvegliano"	Rari	IV
	Numerosi	V
"Fuggono"	Rari	IV
	Numerosi	V
"Tintinnano"	Finestre	VI
"Scricchiolano"	Porte	VI
<i>Oscillano</i>	Oggetti in sospensione	V
<i>Rintoccano</i>	Campane piccole	VI
	Campane grandi	VII
"Oggetti si rovesciano"	Sporadici	V
	Molti	VI
"Cadono tegole e pietre di camino"	Poche	VI
	Molte	VII

Costruzioni in pietre normali

<i>Effetto</i>	Oggetto, quantità, gravità, caratteristiche specifiche	Grado MCS
"Danni"	Leggeri, rari	VI
	Medi, numerosi	VII
"Distruzioni"	1/4 di tutti gli edifici	VIII
	1/2 di tutti gli edifici	IX
	3/4 di tutti gli edifici	X
	Rari	VIII
"Crolli"	Più di 1/4 delle costruzioni	IX
	Più di 1/2 delle costruzioni	X
	Tutte le costruzioni	XI
"Crollo di qualsiasi edificio di tutti tipi fino alle fondamenta"		XII

APPENDICE B

TOOL DI INTERFACCE GRAFICHE MATLAB

L'elaborazione con Matlab[®] degli effetti codificati avviene attraverso un *tool* di interfacce grafiche che permette di gestire facilmente la grande quantità di dati analizzati e di visualizzarne, altrettanto facilmente, i risultati. Digitando "FMI" (*Fuzzy Macroseismic Intensity*) sulla finestra di comando, si attiva l'interfaccia principale (fig. B.1).

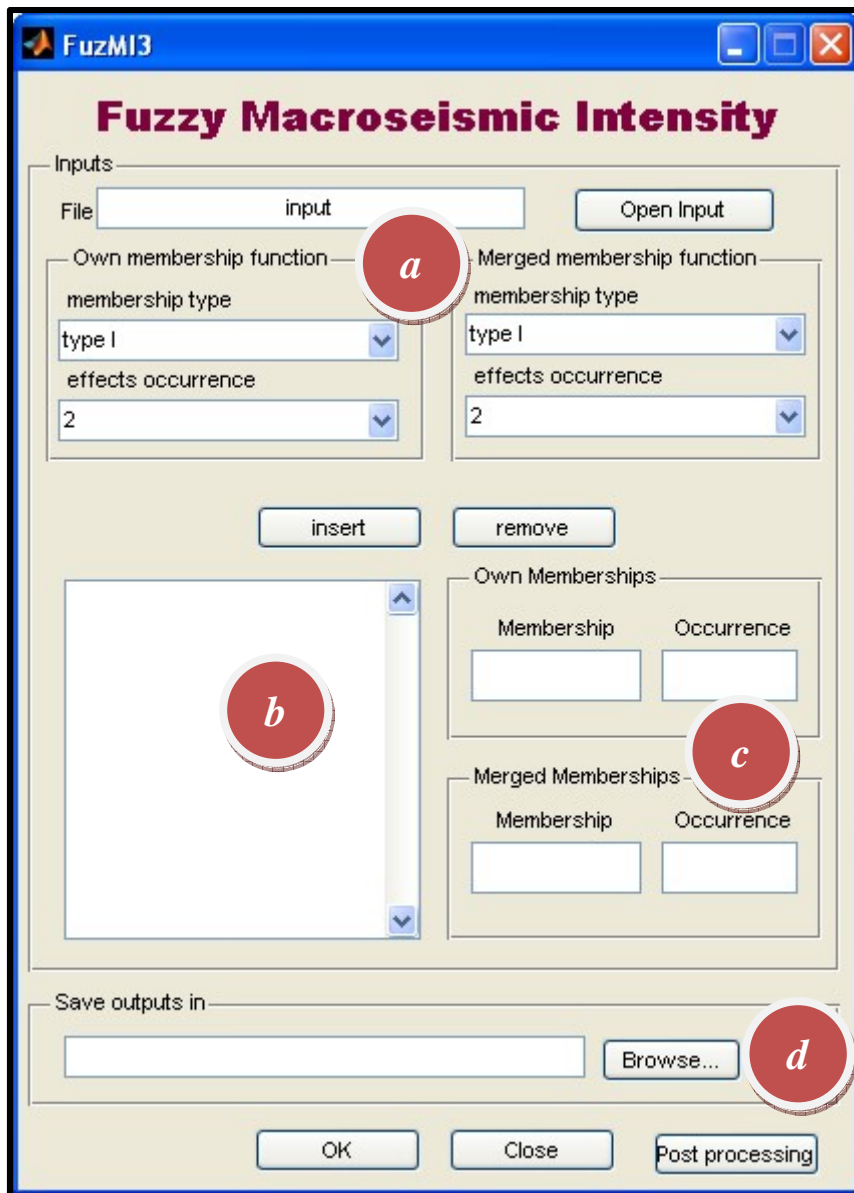


Figura B. 1: interfaccia principale.

In primo luogo viene richiesto all'operatore di inserire (fig. B.1a) i file di input (*Codifica(nome).xls*) da cui prendere i dati. È possibile analizzare sia un singolo terremoto che più terremoti. Per ogni terremoto bisogna scegliere il tipo

di membership da utilizzare (Tipo 1, Tipo 2 o Tipo 3, **capitolo 3, paragrafo 3.3.2**) e la soglia di occorrenza dell'effetto. A questo punto si inserisce il terremoto nella *listbox* (**fig. B.1b**) dalla quale è possibile selezionare gli eventi inseriti per rimuoverli (tasto “*remove*”) o semplicemente per osservare nelle caselle di testo a fianco alla *listbox* (**fig. B.1c**) i parametri impostati (*membership* e soglia di occorrenza). Come ultima cosa si sceglie il percorso dove salvare i risultati (**fig. B.1d**).

Premendo il tasto “OK” si avvia la procedura (*fuzzydecisionmaking.m*). Come prima cosa, se sono stati selezionati almeno due terremoti, i dati vengono uniti (*combinedata.m*) in modo tale da poter essere utilizzati successivamente per la costruzione delle *membership function* unite (**capitolo 3, paragrafo 3.3.2**), altrimenti la procedura si attiva per un solo terremoto (*membership function* proprie, **capitolo 3, paragrafo 3.3.2**). Gli effetti vengono dunque estratti (*membershpk.m*) dal database e viene elaborata la *membership function* (propria ed unita), secondo il metodo (tipo 1, tipo 2 o tipo3) precedentemente selezionato. Le membership vengono associate (*assignmembk.m*) agli effetti codificati nel database e quindi alle corrispettive località e fonti storiche. Per ogni *membership*, vengono inoltre calcolati i pesi (valori reali compresi tra 0 ed 1) (*weighteffect.m*).

Effettuate queste operazioni è possibile assegnare (*fuzzyintensity.m*) ad ogni località un grado di intensità aggregando le *membership* degli effetti presenti ed utilizzando i metodi decisionali multi-attributo (**capitolo 2, paragrafo 2.4.3; capitolo 3 paragrafo 3.4.1**).

Per ogni terremoto analizzato e per ogni metodo decisionale utilizzato vengono descritte e quantificate le differenze tra i risultati ottenuti con la metodologia tradizionale (CFTI3) e quelli ottenuti con il metodo da noi adoperato. Quest'analisi (*statistical_analysis.m*) viene eseguita attraverso il calcolo di alcuni parametri statistici (scarto quadratico medio, differenza media assoluta, coefficiente di correlazione). Tutti i risultati ottenuti vengono riportati su dei file (testuali e in formato excel) (*exportfuzzyresult.m*) e sul *workspace* di Matlab[®] sotto forma di dato struttura¹ (*Fuzzy_procedure*).

¹ Un dato struttura è una matrice multidimensionale, divisa per campi (*fields*) che si sviluppano ad albero e in cui è possibile inserire dati di diversa natura (stringhe, numeri, matrici, strutture, ed altri ancora). Si parte da un singolo campo (ad esempio *earthquake*), suddiviso in più campi (*name*: “Irpinia”, *date*: 1930; *Imax*: “X”), che a loro volta possono essere organizzati in ulteriori suddivisioni, a seconda della complessità del dato da rappresentare. Per richiamare il contenuto di un campo si digita sulla finestra di comando l'intero percorso da fare per arrivare al campo stesso, separando i nomi dei campi con un punto. Ad esempio digitando *earthquake.name* viene visualizzata la stringa “Irpinia”.

Per visualizzare ed analizzare i risultati bisogna premere il tasto “*Post processing*” (**fig. B.1**) che attiva una nuova maschera (**fig. B.2**).

L’interfaccia è suddivisa in:

1. una listbox contenente l’elenco dei file (dataset) analizzati (**fig. B.2 a**): se si seleziona una voce da questo elenco si visualizzano i relativi risultati;
2. una sezione che riassume, per ogni metodo decisionale, i valori dei principali parametri statistici utilizzati (scarto quadratico medio: *r.m.s.*, differenza media assoluta: *d_abs*, coefficiente di correlazione: *corr*) per valutare l’accordo con il metodo classico (**fig. B.2b**); è possibile selezionare i risultati da visualizzare sul grafico (**fig. B.2c**, si veda il punto successivo) in base al metodo utilizzato (metodi decisionali *fuzzy* e metodo classico (“*Expert*”));
3. un grafico dove è possibile plottare il piano quotato (viene visualizzato anche l’epicentro macrosismico, determinato con lo stesso metodo utilizzato nel codice di calcolo *Boxer* delle intensità *fuzzy* e delle intensità del catalogo di riferimento (pulsante “*PQ*”, vedere **fig. B.3** e **B.4**) o le differenze tra le intensità *fuzzy* e quelle del catalogo (pulsante “*I_exp-I_fuz*”) (**fig. B.6**); al grafico è associato uno strumento di zoom di facile utilizzo (**fig. B.2c**);
4. un pannello per gestire il piano quotato (**fig. B.2d**): cliccando uno o più bottoni è possibile isolare le località con l’intensità desiderata (**fig. B.5**); spuntando la casella “*label*” è possibile visualizzare i valori di intensità o i nomi delle località;
5. un pannello per gestire le differenze ($I_{exp}-I_{fuz}$) tra le intensità del catalogo e quelle *fuzzy* (calcolate con il metodo selezionato nella sezione **b**) (**fig. B.2e**): le caratteristiche sono le stesse del pannello **d**; in più è possibile isolare anche tutte le intensità sovrastimate e tutte quelle sottostimate (**fig. B.7**).

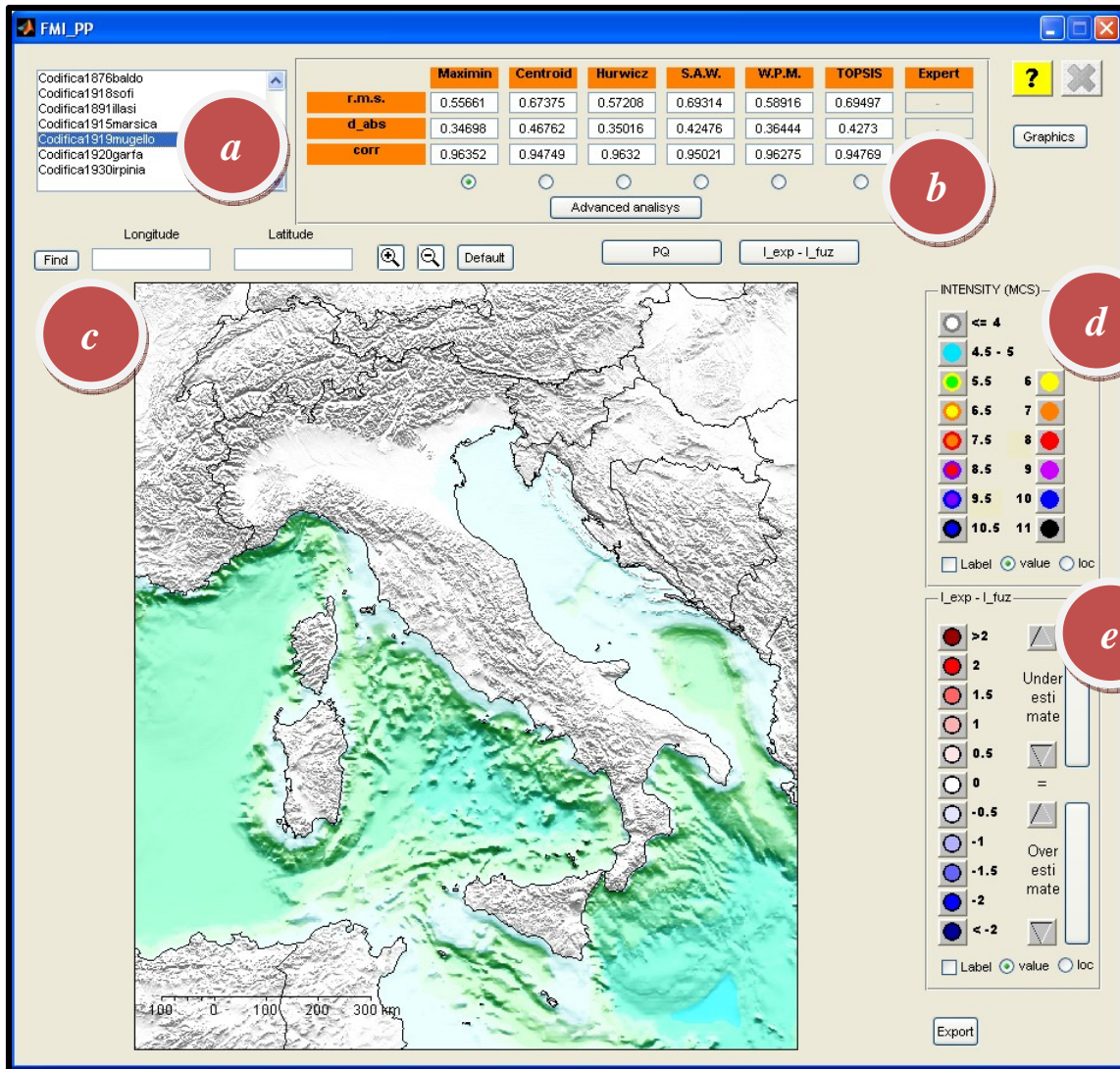


Figura B. 2: interfaccia grafica per la visualizzazione sintetica dei risultati.

I pulsanti, oltre quelli già descritti (“PQ” e “ $I_{exp}-I_{fuz}$ ”) sono:

1. **Export**: salva l’immagine del grafico (fig. B.2c) nei formati *jpg*, *bmp* e *tiff*;
2. **Graphics**: apre una nuova interfaccia (figg. B.8 e B.9) dove vengono visualizzati, per ogni metodo decisionale, la distribuzione totale degli scarti ($I_{exp} - I_{fuz}$) (fig. B.8a), la distribuzione del numero delle località per i singoli gradi di intensità assegnati sia dal metodo *fuzzy* che da quello tradizionale (expert) (fig. B.8b) e la distribuzione degli scarti, divisi per grado di intensità del catalogo di riferimento (CFTI3), normalizzata rispetto al valore massimo (mattoncino color rosso scuro) (fig. B.8c). I rettangoli sono colorati (RGB) in funzione del loro

massimo normalizzato come indicato nella palette a fianco. I rettangoli rosso scuro (valore=1) identificano il massimo degli scarti per ogni grado di intensità mentre la linea rossa identifica lo zero della distribuzione degli scarti. I tasti a fianco dei grafici servono per visualizzare nel grafico del subset *c* la distribuzione degli scarti normalizzata (tasto 1) e la distribuzione degli scarti in percentuale (tasto 2, il risultato è mostrato in **figura B.9**) e per visualizzare (tasto 3) in dettaglio le tre tipologie di grafico (*a*, *b* e *c*) per ogni metodo decisionale (**figure B.10 e B.11**).

3. **Advanced analisys**: chiama l'interfaccia (**fig. B.12**) che permette di effettuare, per il terremoto ed il metodo decisionale selezionati nell'interfaccia di **figura B.2**, un'analisi approfondita delle membership per ogni località analizzata; è possibile estrapolare quelle località che presentano un'intensità fuzzy differente da quella del catalogo secondo un valore definito dall'utente (**fig. B.12 c**); per queste località è possibile risalire alle fonti in cui sono riportati gli effetti osservati, alla descrizione originaria dell'effetto e alla sua interpretazione. (applicazione delle "regole", **capitolo 3, paragrafo 3.2**), entrambe scomposte nelle cinque componenti logico-sintattiche.

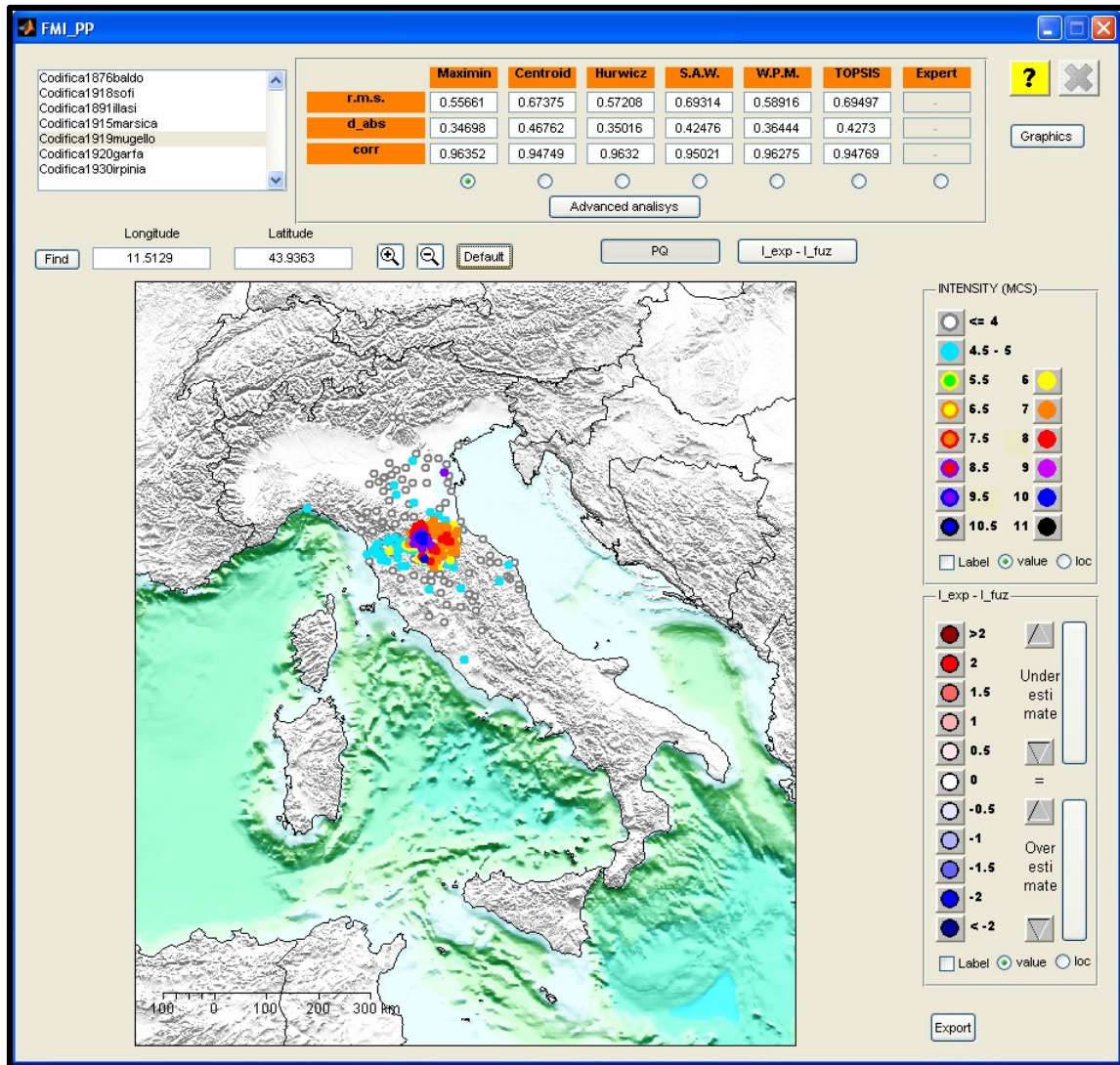


Figura B. 3: plot del piano quotato; in figura è rappresentato il piano quotato delle intensità fuzzy ricavate con il metodo del *maximin* del terremoto del Mugello (1919).

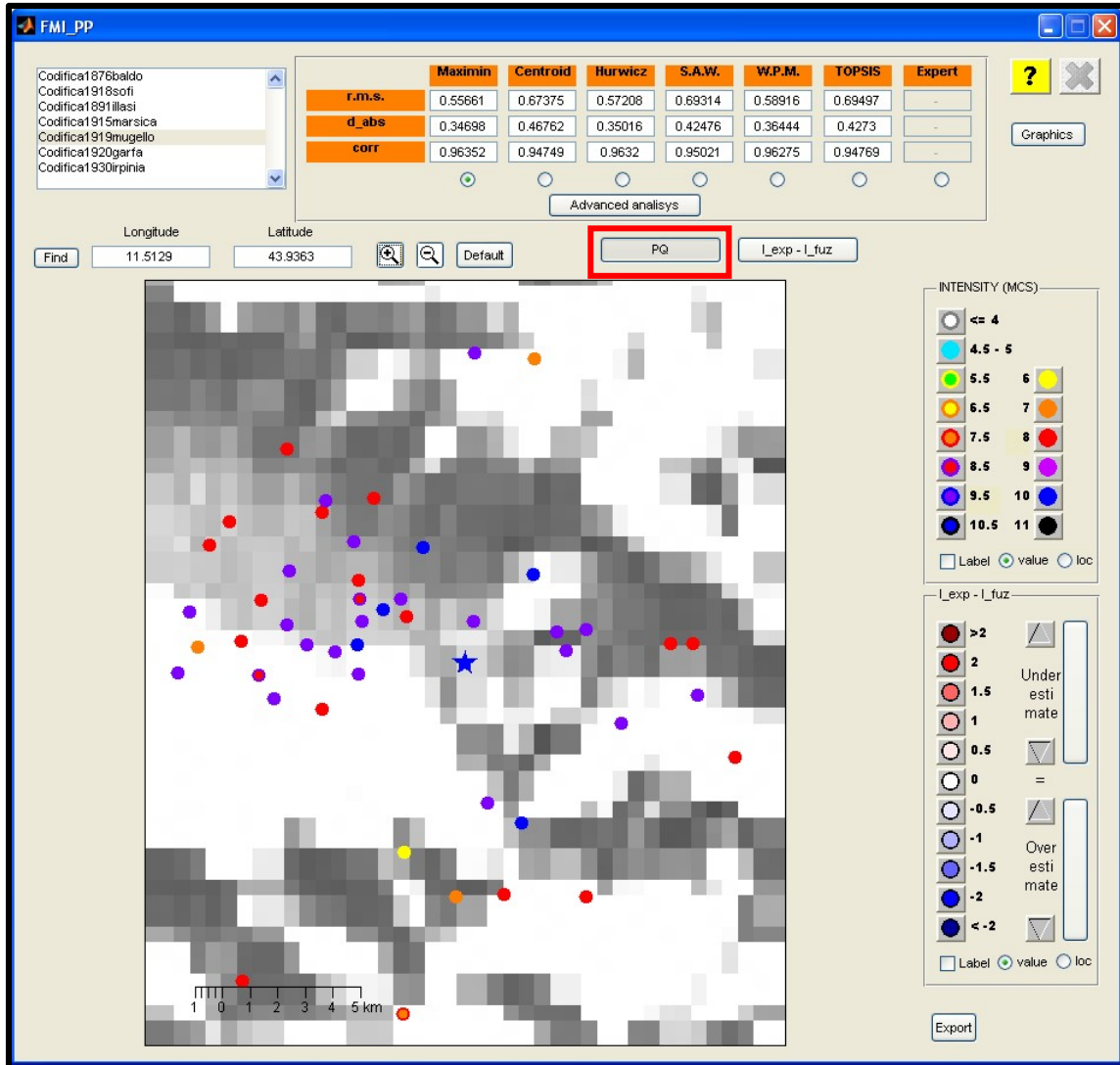


Figura B. 4: zoom del piano quotato mostrato in figura 3.

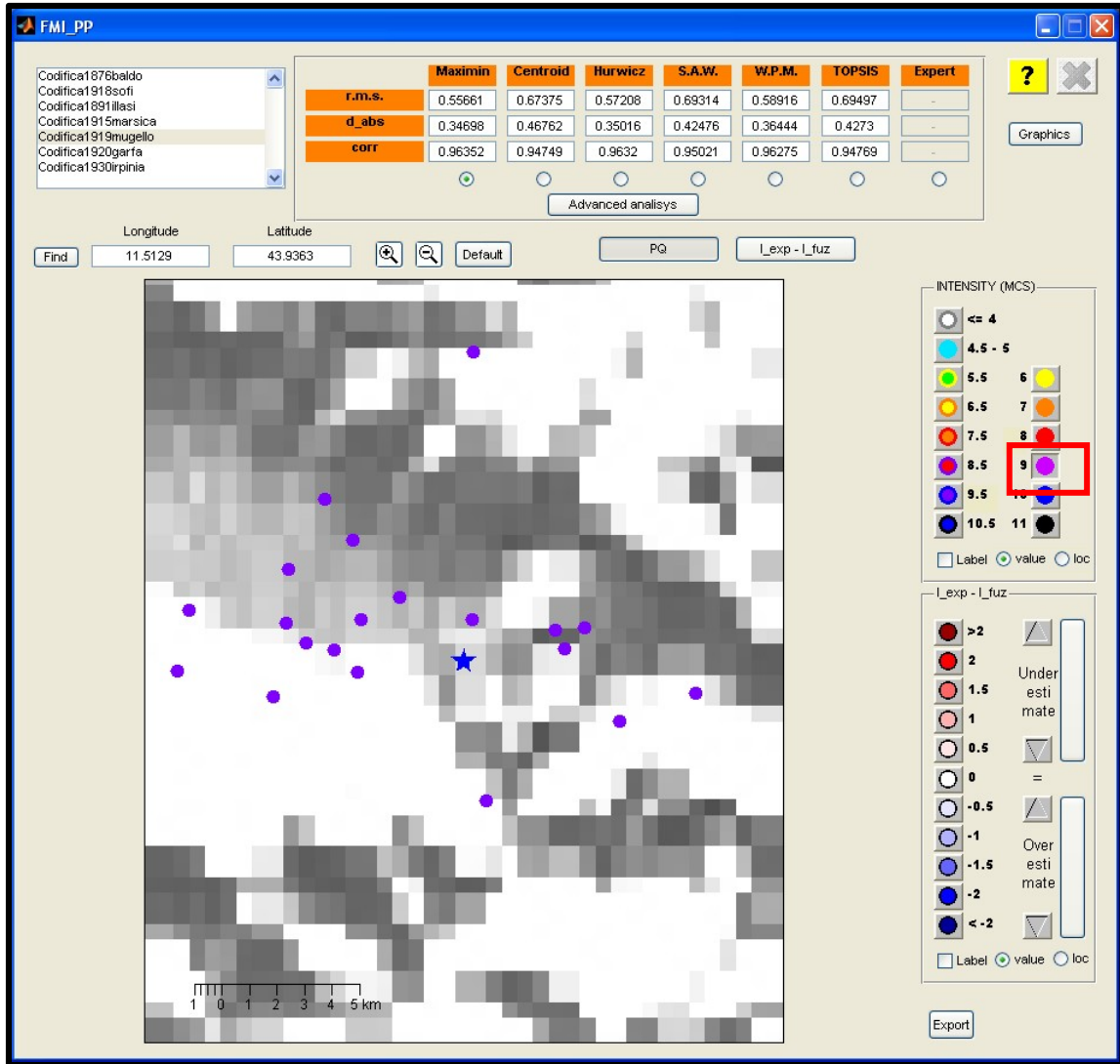


Figura B. 5: selezione delle località a cui è stato assegnato il grado IX (9) MCS.

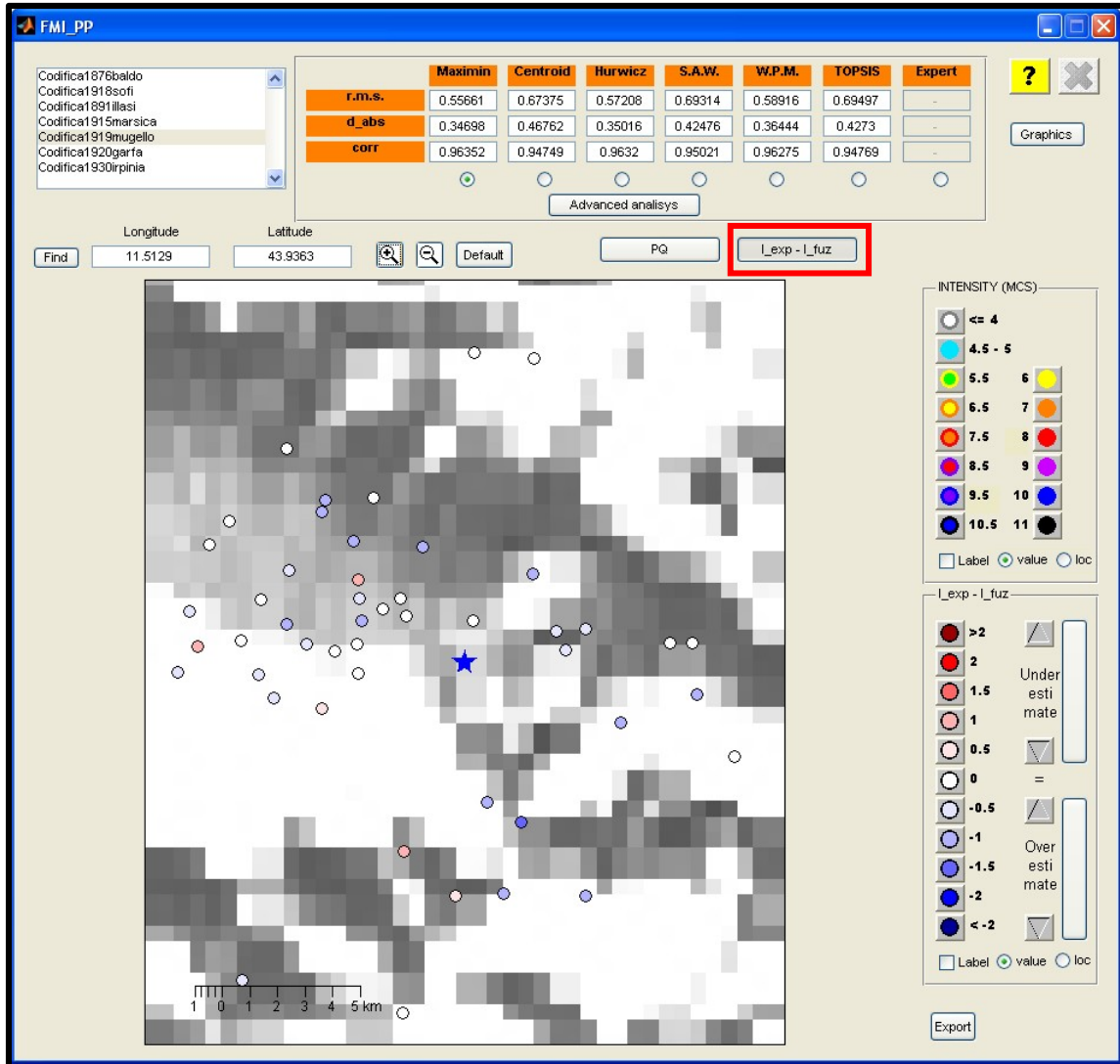


Figura B. 6: plot delle differenze ($I_{exp} - I_{fuz}$) tra le intensità del catalogo di riferimento (CFTI3) e quelle fuzzy (*maximin*).

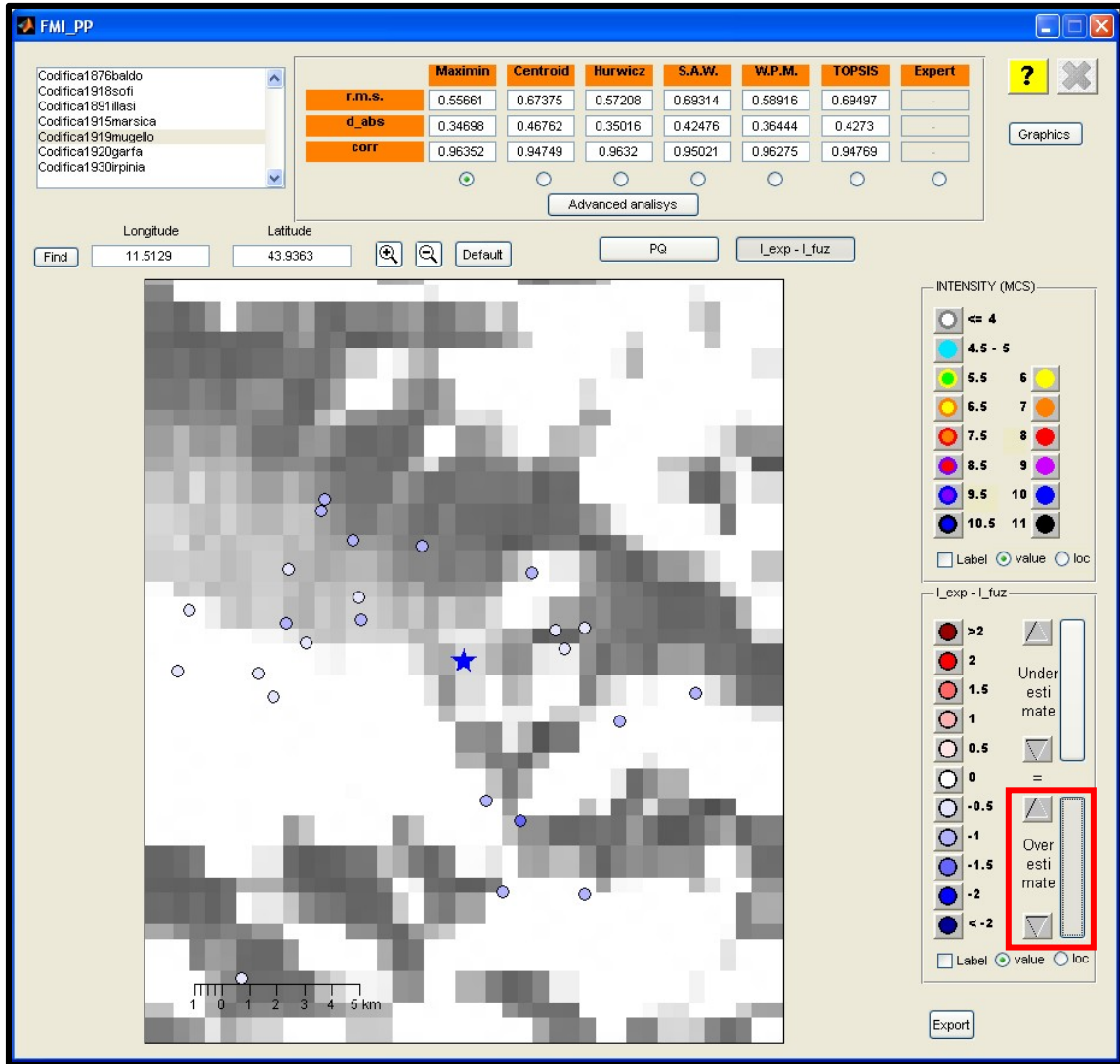


Figura B. 7: selezione delle località in cui il metodo fuzzy (*maximin*) ha assegnato un valore di intensità maggiore di quello del catalogo di riferimento (CFTI3).

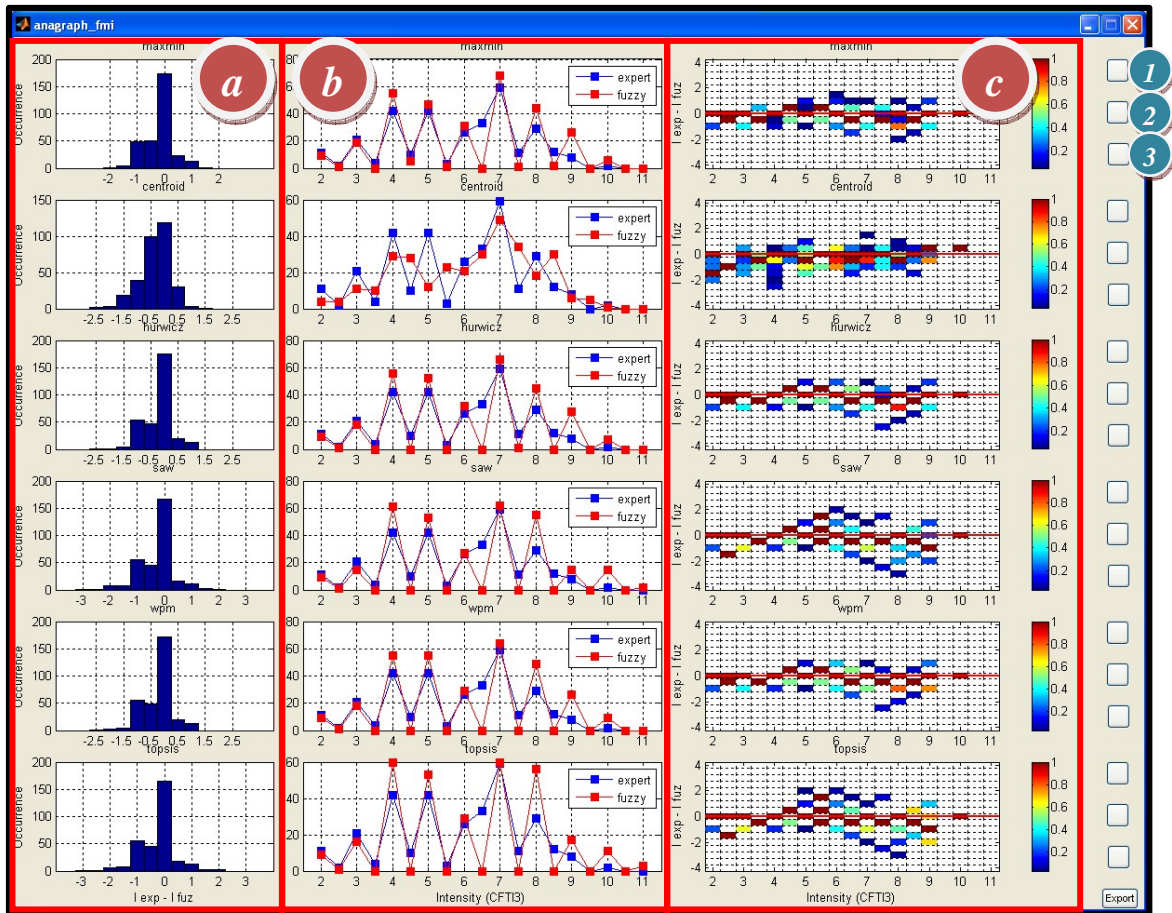


Figura B. 8: in questa interfaccia vengono visualizzati, per ogni metodo decisionale, *a*) la distribuzione totale degli scarti ($I_{exp} - I_{fuz}$), *b*) la distribuzione del numero delle località per i singoli gradi di intensità assegnati sia dal metodo fuzzy che da quello tradizionale (*expert*) e *c*) la distribuzione degli scarti, divisi per grado di intensità, normalizzata rispetto al valore massimo; i rettangoli sono colorati (RGB) in funzione del loro picco normalizzato (si veda la palette) e la linea rossa identifica lo zero della distribuzione degli scarti. 1) tasto per visualizzare nel grafico del subset *c* la distribuzione degli scarti normalizzata; 2) tasto per visualizzare nel grafico del subset *c* la distribuzione degli scarti in percentuale (figura B.9); 3) tasto per visualizzare in dettaglio le tre tipologie di grafico (*a*, *b* e *c*) per ogni metodo decisionale (figura 10 e 11).

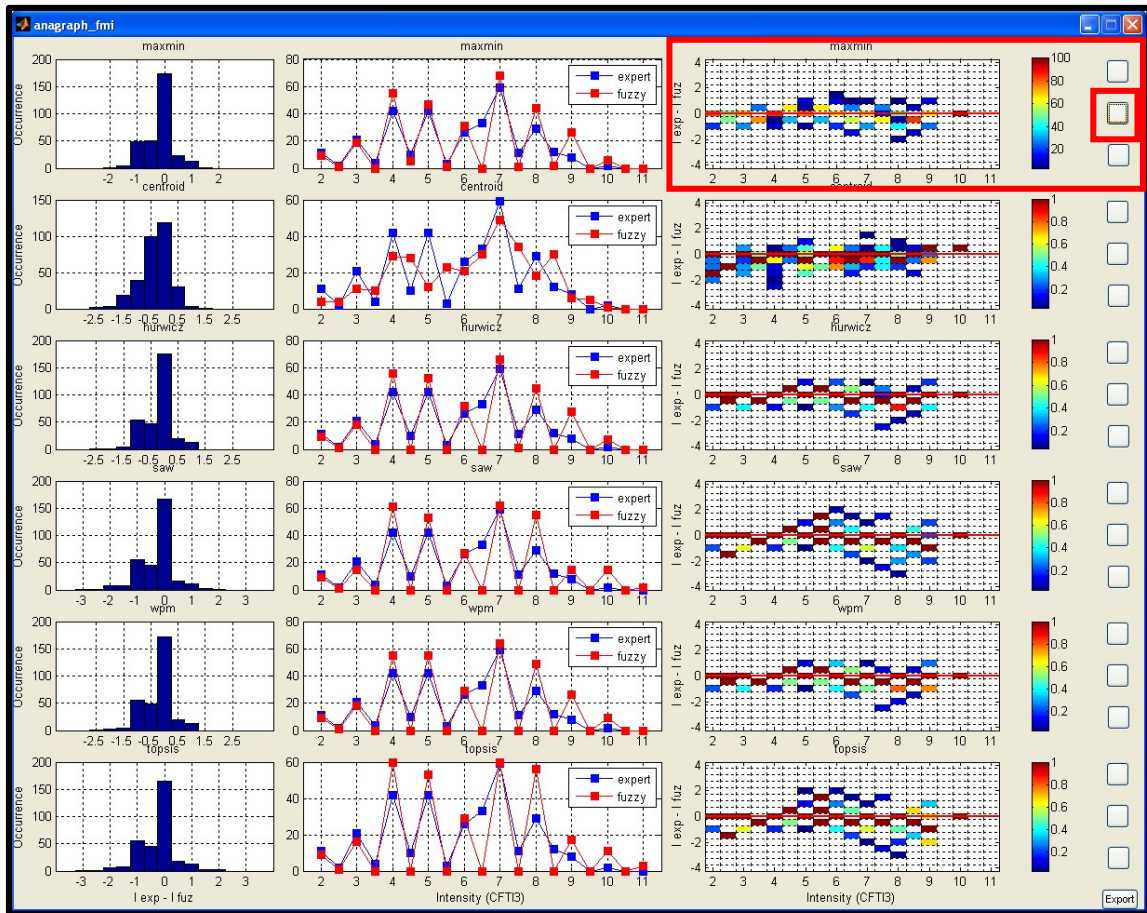


Figura B. 9: come in figura B.8; premendo il pulsante evidenziato nel subset in alto a destra, si visualizza la distribuzione degli scarti, divisi per grado di intensità del catalogo di riferimento (CFTI3), in percentuale.

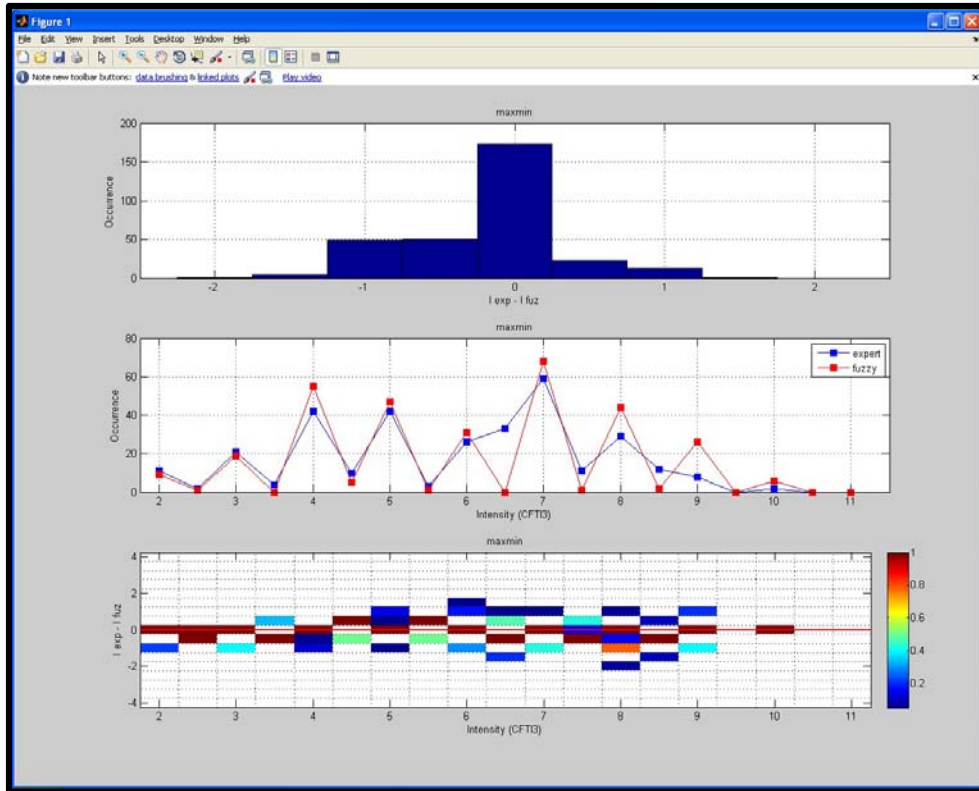


Figura B. 10: dettaglio dei grafici mostrati nell'interfaccia di figura B.8; è possibile visualizzare questo dettaglio premendo il tasto 3 nell'interfaccia di figura B.8.

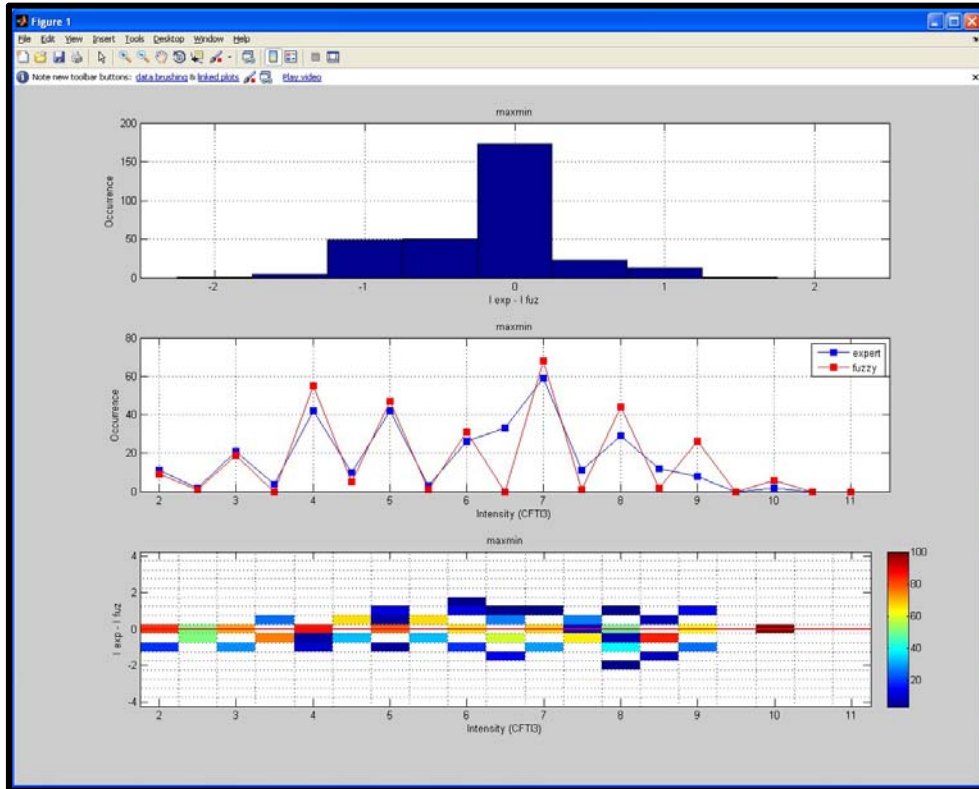


Figura B. 11: dettaglio dei grafici mostrati nell'interfaccia di figura B.9; è possibile visualizzare questo dettaglio premendo il tasto 3 nell'interfaccia di figura B.8.

FMI_membership_analysys

Acquapendente_0527930
 Alfontine_0410590
 Arezzo_04563800
 Ariano_nel_Polesine
 Asciano_0475300
 Assiago_0240100
 Asola_01933200
 Avena_04738300
 Baco_01919M19
 Badia_del_Poggio_04538
 Badia_Tedalda_0468130
 Bagni_di_San_Giuliano
 Bagno_a_Ripoli_044624
 ...

Nloc: 05279300 Loc: Acquapendente I exp = 0.0

Source	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	W1	W2	W3
0101010102 003144	1.00	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
fmin	1.00	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
maxmin													

||_Exp - I_Fuz| >= 2 **GO**

Farneto

Nloc: 04750000 Loc: Farneto I exp = 8.0

Source	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	W1	W2	W3
0163014901 460037	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.81	0.90	0.96	1.00	0.96	0.30	1.00	0.30
01630149a7 470651	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.82	0.91	1.00	0.98	0.40	1.00	0.30
fmin	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.82	0.91	1.00	0.96			
maxmin													

Source cod: 020016 | Nloc: 04495400 | Locality: Saletta | Exp_I: 0.0
 Source cod: 146452 | Nloc: 05491000 | Locality: Boville Ernica | Exp_I: 7.5
 Source cod: 146446 | Nloc: 0531500 | Locality: Giuliano di Roma | Exp_I: 7.5
 Source cod: 146476 | Nloc: 05715800 | Locality: Castiglione a Casauria | Exp_I: 7.5
Source cod: 470651 | Nloc: 04750000 | Locality: Farneto | Exp_I: 8.0
 Source cod: 470651 | Nloc: 07224100 | Locality: Le Panche | Exp_I: 8.0
 Source cod: 470651 | Nloc: 04582200 | Locality: Piazano | Exp_I: 8.0
 Source cod: 020014 | Nloc: 04473000 | Locality: Sagginale | Exp_I: 8.0
 Source cod: 020024 | Nloc: 04564800 | Locality: San Godesno | Exp_I: 8.0
 Source cod: 470651 | Nloc: 04589300 | Locality: Vespignano | Exp_I: 8.0
 Source cod: 340467 | Nloc: 03769100 | Locality: Nigone | Exp_I: 8.0
 Source cod: 340467 | Nloc: 03769500 | Locality: Pieve San Vincenzo | Exp_I: 8.0
 Source cod: 146399 | Nloc: 05550100 | Locality: Pefi | Exp_I: 8.0
 Source cod: 146465 | Nloc: 05636900 | Locality: Scoppito | Exp_I: 8.0
 Source cod: 146417 | Nloc: 05576300 | Locality: Torre Catetani | Exp_I: 8.0

Source Name: L'Avvenire delle Puglie
 Date: 01/07/1919

||_crollare@totale **i** -jedfic|-cadere|C / 100 %

APPENDICE C

TABELLE DEI RISULTATI OTTENUTI CON IL CODICE DI CALCOLO BOXER

Tabelle relative ai risultati ottenuti con la nuova versione del codice di calcolo Boxer per i terremoti analizzati nella presente tesi.

Tabelle C.1, C.2: elaborazioni per il terremoto del Monte Baldo (1876) con membership di tipo 2 unite.

Tabelle C.15, C.16: elaborazioni per il terremoto del Monte Baldo (1876) con membership di tipo 3 unite.

Tabelle C.3, C.4: elaborazioni per il terremoto della Valle d'Illasi (1891) con membership di tipo 2 unite.

Tabelle C.17, C.18: elaborazioni per il terremoto della Valle d'Illasi (1891) con membership di tipo 3 unite.

Tabelle C.5, C.6: elaborazioni per il terremoto della Marsica (1915) con membership di tipo 2 unite.

Tabelle C.19, C.20: elaborazioni per il terremoto della Marsica (1915) con membership di tipo 3 unite.

Tabelle C.7, C.8: elaborazioni per il terremoto di Santa Sofia (1918) con membership di tipo 2 unite.

Tabelle C.21, C.22: elaborazioni per il terremoto di Santa Sofia (1918) con membership di tipo 3 unite.

Tabelle C.9, C.10: elaborazioni per il terremoto del Mugello (1919) con membership di tipo 2 unite.

Tabelle C.23, C.24: elaborazioni per il terremoto del Mugello (1919) con membership di tipo 3 unite.

Tabelle C.11, C.12: elaborazioni per il terremoto della Garfagnana (1920) con membership di tipo 2 unite.

Tabelle C.25, C.26: elaborazioni per il terremoto della Garfagnana (1920) con membership di tipo 3 unite.

Tabelle C.13, C.14: elaborazioni per il terremoto dell'Irpinia (1930) con membership di tipo 2 unite.

Tabelle C.27, C.28: elaborazioni per il terremoto dell'Irpinia (1930) con membership di tipo 3 unite.

Legenda:

➤ **MB:** Metodo Boxer

0: Metodo classico

1: Metodo 1: Lat_E, Lon_E

2: Metodo 2: $Lat_E, Lon_E, Depth (h)$

3: Metodo 3: Lat_E, Lon_E, I_E

4: Metodo 4: $Lat_E, Lon_E, I_E, Depth (h)$

5: Metodo 5: $Lat_E, Lon_E, I_E, Depth (h), a$

6: Metodo 6: $Lat_E, Lon_E, I_E, Depth (h), a, b$

- **MD:** Metodo di stima dell'intensità (metodo decisionale)
 - CFTI3
 - Maximin
 - Centroid
 - Hurwicz
 - SAW
 - WPM
 - TOPSIS
- **LAT:** Latitudine epicentrale
- **LAT ERH:** Errore dall'Hessiano sulla latitudine epicentrale
- **LAT BST:** Errore bootstrap sulla latitudine epicentrale
- **LON:** Longitudine epicentrale
- **LON ERH:** Errore dall'Hessiano sulla longitudine epicentrale
- **LON BST:** Errore bootstrap sulla longitudine epicentrale
- **DEP:** Profondità dell'ipocentro
- **DEP ERH:** Errore dall'Hessiano sulla profondità dell'ipocentro
- **DEP BST:** Errore bootstrap sulla profondità dell'ipocentro
- **ME:** Magnitudo Equivalente
- **ME ERH:** Errore dall'Hessiano sulla Magnitudo Equivalente
- **ME BST:** Errore bootstrap sulla Magnitudo Equivalente
- **NT:** Numero totale di località analizzate
- **NA:** Numero di località utilizzate per calcolare l'azimut
- **NBS:** Numero di repliche bootstrap
- **AZI:** Azimut
- **AZI ERH:** Errore dall'Hessiano sull'azimut
- **AZI BST:** Errore bootstrap sull'azimut
- **Rayleigh:** Rayleigh Test
- **Kuiper:** Kuiper Test
- **I:** Intensità epicentrale (I_0)
- **LEN:** Lunghezza della box
- **LEN_BST:** Errore bootstrap sulla lunghezza della box
- **WID:** Larghezza della box
- **WID_BST:** Errore bootstrap sulla larghezza della box
- **AAT:** coefficiente di attenuazione a

- **AAT ERH:** Errore dall'Hessiano sul coefficiente di attenuazione a
- **BAT:** coefficiente di attenuazione b
- **BAT ERH:** Errore dall'Hessiano sul coefficiente di attenuazione b
- **E2 AXMX:** Asse Maggiore dell'ellisse degli errori (proiezione sulla superficie terrestre del ellissoide degli errori) epicentrali (intervallo di confidenza al 68%)
- **E2 AZMX:** Azimut dell'Asse Maggiore dell'ellisse degli errori epicentrali
- **E2 AXMI:** Asse Minore dell'ellisse degli errori epicentrali
- **E2 ECC:** Eccentricità dell'ellisse degli errori epicentrali
- **E2 BAXMX:** Asse Maggiore dell'ellisse degli errori bootstrap epicentrali (intervallo di confidenza al 68%)
- **E2 BAZMX:** Azimut dell'Asse Maggiore dell'ellisse degli errori bootstrap epicentrali
- **E2 BAXMI:** Asse Minore dell'ellisse degli errori bootstrap epicentrali
- **E2 BECC:** Eccentricità dell'ellisse degli errori bootstrap epicentrali
- **MM:** Magnitudo ottenuta dalla legge di attenuazione
- **MM ERH:** Errore dall'Hessiano sulla magnitudo ottenuta dalla legge di attenuazione

1876 Monte Baldo – membership: tipo 2, unite

MB	MD	LAT	LAT ERH	LAT BST	LON	LON ERH	LON BST	DEP	DEP ERH	DEP BST	ME	ME ERH	ME BST	NT	NA	NBS	AZI	AZI ERH	AZI BST	Rayleigh	Kuiper	I
0	Cfti3	45.749	2.481	1.707	10.785	1.547	0.855	-	-	-	4.89	0.01	0.16	25	4	120	175	23	36	<0.01	<0.10	7
1	Cfti3	45.727	1.171	1.026	10.781	1.415	1.746	3.910	-	-	4.79	0.00	0.13	25	4	120	27	28	50	<0.025	<0.025	6.6
2	Cfti3	45.727	1.180	1.794	10.781	1.379	3.560	3.796	0.542	0.730	4.79	0.00	0.13	25	4	120	29	25	37	<0.025	<0.025	6.6
3	Cfti3	45.725	1.251	1.877	10.780	1.489	3.434	3.910	-	-	4.81	0.00	0.12	25	4	120	32	23	32	<0.01	<0.025	6.6
4	Cfti3	45.726	1.255	1.867	10.783	1.888	3.384	1.922	0.692	3.111	4.92	0.02	0.22	25	4	120	27	33	66	<0.10	uniform	7.2
5	Cfti3	45.728	-	1.575	10.788	-	2.866	1.610	-	2.358	4.94	0.02	0.20	25	4	120	17	31	71	<0.10	<0.10	7.3
6	Cfti3	45.732	1.061	1.988	10.788	0.803	4.527	1.000	4.394	3.508	4.93	0.02	0.42	25	4	120	30	28	56	<0.05	<0.05	7.3
0	Maximin	45.733	-	1.891	10.790	-	1.533	-	-	-	4.89	0.08	0.28	25	-	120	-	-	-	-	-	7
1	Maximin	45.719	1.790	1.785	10.789	2.058	1.447	3.910	-	-	4.68	0.07	0.17	25	-	120	-	-	-	-	-	6
2	Maximin	45.720	1.782	20.701	10.790	2.022	21.312	3.785	0.644	20.316	4.68	0.07	0.17	25	-	120	-	-	-	-	-	6
3	Maximin	45.719	1.824	20.927	10.788	2.121	25.881	3.910	-	-	4.68	0.07	0.26	25	-	120	-	-	-	-	-	6
4	Maximin	45.726	1.812	7.232	10.802	1.168	17.149	1.000	2.877	24.499	5.04	0.09	0.30	25	-	120	-	-	-	-	-	7
5	Maximin	45.730	0.544	13.644	10.799	0.919	25.388	1.000	-	13.271	5.00	0.09	0.42	25	-	120	-	-	-	-	-	7
6	Maximin	45.732	0.631	7.303	10.792	0.703	22.514	1.000	-	2.101	4.82	0.08	0.41	25	-	120	-	-	-	-	-	6
0	Centroid	45.741	5.548	2.904	10.813	2.864	1.682	-	-	-	4.97	0.04	0.15	25	5	120	43	40	20	uniform	<0.025	6.5
1	Centroid	45.703	1.959	1.573	10.790	2.767	2.178	3.910	-	-	5.08	0.03	0.10	25	5	120	179	19	44	<0.01	<0.025	7
2	Centroid	45.701	2.076	2.381	10.784	3.137	7.684	4.278	0.663	2.119	5.08	0.03	0.10	25	5	120	7	20	73	<0.01	<0.025	7
3	Centroid	45.701	2.044	17.792	10.785	3.066	16.471	3.910	-	-	5.10	0.03	0.17	25	5	120	5	20	75	<0.01	<0.025	7.1
4	Centroid	45.705	2.697	7.859	10.783	3.661	14.723	7.398	5.816	10.656	4.98	0.04	0.24	25	5	120	9	20	56	<0.01	<0.025	6.5
5	Centroid	45.705	2.415	7.649	10.784	3.115	14.406	5.021	-	7.595	5.03	0.03	0.25	25	5	120	7	20	51	<0.01	<0.025	6.8
6	Centroid	45.731	0.847	7.678	10.791	1.097	20.353	1.000	-	4.207	5.04	0.03	0.31	25	5	120	179	39	57	uniform	<0.05	6.8
0	Hurwicz	45.733	-	2.071	10.790	-	1.486	-	-	-	4.89	0.08	0.27	25	-	120	-	-	-	-	-	7
1	Hurwicz	45.719	1.790	1.327	10.789	2.058	1.775	3.910	-	-	4.68	0.07	0.16	25	-	120	-	-	-	-	-	6
2	Hurwicz	45.720	1.782	2.626	10.790	2.022	18.395	3.785	0.644	7.853	4.68	0.07	0.16	25	-	120	-	-	-	-	-	6
3	Hurwicz	45.719	1.824	2.092	10.788	2.121	14.376	3.910	-	-	4.68	0.07	0.18	25	-	120	-	-	-	-	-	6
4	Hurwicz	45.726	1.812	1.512	10.802	1.168	2.105	1.000	2.877	5.621	5.04	0.09	0.27	25	-	120	-	-	-	-	-	7
5	Hurwicz	45.730	0.544	1.423	10.799	0.919	1.883	1.000	-	3.822	5.00	0.09	0.23	25	-	120	-	-	-	-	-	7
6	Hurwicz	45.732	0.631	1.124	10.792	0.703	0.858	1.000	-	-	4.82	0.08	0.22	25	-	120	-	-	-	-	-	6
0	SAW	45.730	0.550	2.049	10.785	0.494	1.524	-	-	-	4.98	0.05	0.26	25	-	120	-	-	-	-	-	7
1	SAW	45.722	1.560	1.252	10.784	1.792	1.637	3.910	-	-	4.80	0.06	0.19	25	-	120	-	-	-	-	-	6
2	SAW	45.723	1.468	1.549	10.786	1.662	2.074	3.601	0.617	0.419	4.80	0.06	0.19	25	-	120	-	-	-	-	-	6
3	SAW	45.722	1.574	1.545	10.784	1.831	2.118	3.910	-	-	4.80	0.06	0.19	25	-	120	-	-	-	-	-	6
4	SAW	45.722	0.849	8.519	10.782	1.020	14.574	1.000	1.116	22.491	5.14	0.04	0.27	25	-	120	-	-	-	-	-	7
5	SAW	45.724	-	9.720	10.782	-	14.316	1.000	-	6.212	5.10	0.05	0.24	25	-	120	-	-	-	-	-	7
6	SAW	45.725	0.692	9.211	10.783	0.739	14.222	1.000	-	-	5.04	0.05	0.26	25	-	120	-	-	-	-	-	7
0	WPM	45.756	3.711	2.196	10.805	1.989	1.262	-	-	-	4.80	0.03	0.16	25	4	120	26	3	88	<0.01	<0.01	6.5
1	WPM	45.723	1.714	1.301	10.790	2.042	1.466	3.910	-	-	4.72	0.03	0.16	25	4	120	7	28	66	<0.05	<0.10	6.2
2	WPM	45.723	1.720	20.015	10.791	2.055	14.392	3.863	0.620	19.115	4.72	0.03	0.16	25	4	120	7	29	59	<0.05	<0.10	6.2
3	WPM	45.722	1.755	20.011	10.789	2.127	14.406	3.910	-	-	4.73	0.03	0.22	25	4	120	8	25	63	<0.025	<0.05	6.2
4	WPM	45.721	1.763	9.746	10.800	2.352	19.584	1.623	2.662	32.328	4.93	0.02	0.24	25	4	120	164	37	68	uniform	<0.10	7
5	WPM	45.724	2.293	16.287	10.803	2.392	24.263	1.000	5.238	13.899	5.03	0.02	0.20	25	4	120	150	60	7	uniform	<0.10	7.4
6	WPM	45.731	1.929	4.615	10.792	1.691	2.572	1.000	7.140	-	4.84	0.03	0.22	25	4	120	18	37	55	uniform	<0.10	6.7
0	TOPSIS	45.756	3.711	2.297	10.805	1.989	1.263	-	-	-	4.96	0.04	0.16	25	4	120	27	3	25	<0.01	<0.01	7
1	TOPSIS	45.721	1.646	1.499	10.788	1.942	1.346	3.910	-	-	4.79	0.04	0.18	25	4	120	3	29	42	<0.05	<0.05	6.2
2	TOPSIS	45.721	1.633	21.131	10.788	1.925	24.444	3.814	0.611	21.178	4.79	0.04	0.18	25	4	120	2	32	79	<0.10	<0.05	6.2
3	TOPSIS	45.721	1.676	20.737	10.787	2.015	20.195	3.910	-	-	4.79	0.04	0.24	25	4	120	5	25	18	<0.025	<0.025	6.3
4	TOPSIS	45.717	1.642	6.507	10.793	2.087	14.224	1.000	3.000	12.094	5.11	0.03	0.27	25	4	120	170	26	46	<0.025	<0.025	7.6
5	TOPSIS	45.720	1.751	5.239	10.794	1.809	7.877	1.000	2.349	6.609	5.07	0.03	0.24	25	4	120	167	38	80	uniform	<0.05	7.4
6	TOPSIS	45.728	1.148	2.008	10.788	1.052	1.124	1.000	2.907	-	4.91	0.04	0.25	25	4	120	33	21	73	<0.01	<0.025	6.8

Tabella C. 1

1876 Monte Baldo – membership: tipo 2, unite																			
MB	MD	LEN	LEN BST	WID	WID BST	AAT	AAT ERH	BAT	BAT ERH	E2 AXMX	E2 AZMX	E2 AXMI	E2 ECC	E2 BAXMX	E2 BAZMX	E2 BAXMI	E2 BECC	MM	MM ERH
0	Cfti3	2.781	0.542	3.583	0.393	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	2.595	5.257	1.279	0.870	5.05	0.05
1	Cfti3	2.443	0.442	3.341	0.319	0.009	-	1.037	-	2.180	107.142	1.731	0.608	2.724	106.117	1.414	0.855	5.07	0.04
2	Cfti3	2.443	0.448	3.341	0.323	0.009	-	1.037	-	2.109	104.187	1.765	0.548	5.803	112.653	1.676	0.957	5.07	0.04
3	Cfti3	2.485	0.444	3.371	0.316	0.009	-	1.037	-	2.288	106.393	1.858	0.584	5.655	114.367	1.786	0.949	5.08	0.04
4	Cfti3	2.919	0.922	3.679	0.609	0.009	-	1.037	-	2.923	105.120	1.804	0.787	5.523	113.395	1.948	0.936	5.02	0.04
5	Cfti3	2.975	0.817	3.717	0.540	0.000	-1.000	1.037	-	-	-	-	2.462	4.607	111.334	1.825	0.918	4.97	0.04
6	Cfti3	2.936	11.389	3.690	2.812	0.000	0.080	0.831	1.301	1.630	13.646	1.187	0.685	7.227	109.073	1.979	0.962	4.87	0.03
0	Maximin	2.798	0.931	3.596	0.674	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	2.874	7.371	2.313	0.593	4.90	0.05
1	Maximin	2.085	0.621	3.065	0.433	0.009	-	1.037	-	3.122	85.118	2.709	0.497	2.859	153.213	1.987	0.719	4.89	0.05
2	Maximin	2.085	0.621	3.065	0.433	0.009	-	1.037	-	3.087	76.007	2.674	0.500	41.420	133.819	17.606	0.905	4.89	0.05
3	Maximin	2.096	1.989	3.074	0.919	0.009	-	1.037	-	3.225	80.606	2.751	0.522	45.719	125.553	21.244	0.885	4.89	0.05
4	Maximin	3.432	1.289	4.017	0.831	0.009	-	1.037	-	2.772	10.252	1.728	0.782	27.688	69.345	5.309	0.981	4.85	0.05
5	Maximin	3.235	11.243	3.890	2.639	0.000	-1.000	1.037	-	1.407	100.054	0.800	0.823	42.796	63.364	8.614	0.980	4.80	0.05
6	Maximin	2.528	11.380	3.403	2.667	0.000	0.043	0.792	0.456	1.076	106.845	0.944	0.479	35.762	72.454	2.616	0.997	4.68	0.04
0	Centroid	3.127	0.667	3.819	0.430	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	4.514	164.911	2.341	0.855	5.24	0.05
1	Centroid	3.618	0.598	4.133	0.342	0.009	-	1.037	-	4.201	84.753	2.956	0.711	3.304	93.564	2.379	0.694	5.28	0.04
2	Centroid	3.618	0.598	4.133	0.342	0.009	-	1.037	-	4.753	90.752	3.145	0.750	11.679	94.700	3.491	0.954	5.29	0.04
3	Centroid	3.694	2.406	4.180	0.864	0.009	-	1.037	-	4.652	85.688	3.085	0.748	35.306	137.599	10.170	0.958	5.28	0.04
4	Centroid	3.156	1.491	3.838	0.810	0.009	-	1.037	-	5.665	106.356	3.920	0.722	24.998	62.819	3.798	0.988	5.33	0.04
5	Centroid	3.357	2.050	3.969	0.950	0.000	-1.000	1.037	-	4.731	96.350	3.644	0.638	24.501	62.720	3.227	0.991	5.25	0.04
6	Centroid	3.433	9.080	4.017	2.208	0.000	0.042	0.490	0.400	1.691	105.871	1.244	0.677	32.139	73.146	7.277	0.974	4.90	0.03
0	Hurwicz	2.798	0.871	3.596	0.637	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	3.170	11.519	2.205	0.719	4.90	0.05
1	Hurwicz	2.085	0.574	3.065	0.402	0.009	-	1.037	-	3.122	85.118	2.709	0.497	2.734	104.808	1.951	0.701	4.89	0.05
2	Hurwicz	2.085	0.574	3.065	0.402	0.009	-	1.037	-	3.087	76.007	2.674	0.500	28.074	96.917	2.112	0.997	4.89	0.05
3	Hurwicz	2.096	0.795	3.074	0.497	0.009	-	1.037	-	3.225	80.606	2.751	0.522	21.911	96.268	2.091	0.995	4.89	0.05
4	Hurwicz	3.432	1.150	4.017	0.750	0.009	-	1.037	-	2.772	10.252	1.728	0.782	3.189	89.054	2.291	0.696	4.85	0.05
5	Hurwicz	3.235	0.996	3.890	0.645	0.000	-1.000	1.037	-	1.407	100.054	0.800	0.823	2.853	89.706	2.156	0.655	4.80	0.05
6	Hurwicz	2.528	0.961	3.403	0.620	0.000	0.043	0.792	0.456	1.076	106.845	0.944	0.479	1.777	22.634	1.199	0.738	4.68	0.04
0	SAW	3.134	0.965	3.824	0.663	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	3.298	25.281	2.024	0.789	4.94	0.06
1	SAW	2.458	0.718	3.352	0.501	0.009	-	1.037	-	2.715	88.679	2.363	0.493	2.716	119.631	1.541	0.823	4.93	0.06
2	SAW	2.458	0.718	3.352	0.501	0.009	-	1.037	-	2.525	81.703	2.217	0.478	3.398	117.756	1.959	0.817	4.92	0.05
3	SAW	2.466	0.716	3.357	0.498	0.009	-	1.037	-	2.776	85.259	2.381	0.514	3.444	116.352	1.979	0.818	4.93	0.06
4	SAW	3.913	1.252	4.313	0.775	0.009	-	1.037	-	1.556	101.883	1.273	0.575	25.437	60.046	2.663	0.995	4.89	0.05
5	SAW	3.712	1.153	4.191	0.707	0.000	-1.000	1.037	-	-	-	-	1.273	26.149	55.938	1.864	0.997	4.84	0.04
6	SAW	3.409	1.211	4.002	0.749	0.000	0.450	0.950	0.415	1.124	75.709	1.043	0.372	25.631	57.154	1.476	0.998	4.80	0.04
0	WPM	2.469	0.444	3.359	0.351	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	3.450	17.649	1.680	0.873	4.89	0.05
1	WPM	2.216	0.526	3.168	0.387	0.009	-	1.037	-	3.105	80.862	2.582	0.556	2.284	65.144	1.897	0.557	4.89	0.05
2	WPM	2.216	0.526	3.168	0.387	0.009	-	1.037	-	3.141	76.764	2.573	0.574	37.261	144.380	2.548	0.998	4.89	0.05
3	WPM	2.234	1.761	3.182	0.779	0.009	-	1.037	-	3.247	78.161	2.631	0.586	37.266	144.350	2.596	0.998	4.90	0.05
4	WPM	2.953	0.974	3.702	0.644	0.009	-	1.037	-	3.635	73.847	2.575	0.706	33.032	63.821	2.655	0.997	4.87	0.05
5	WPM	3.369	0.887	3.976	0.568	0.000	0.046	1.037	-	4.286	47.633	2.615	0.792	43.702	56.746	7.045	0.987	4.82	0.04
6	WPM	2.620	0.904	3.470	0.602	0.000	0.086	0.770	1.691	3.515	140.942	1.660	0.881	7.814	27.237	1.741	0.975	4.68	0.04
0	TOPSIS	3.082	0.504	3.789	0.385	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	3.865	26.572	0.917	0.971	4.91	0.06
1	TOPSIS	2.428	0.665	3.329	0.471	0.009	-	1.037	-	2.946	84.648	2.490	0.534	2.483	144.652	1.775	0.699	4.91	0.05
2	TOPSIS	2.428	0.665	3.329	0.471	0.009	-	1.037	-	2.930	79.860	2.458	0.544	42.145	126.306	24.894	0.807	4.91	0.05
3	TOPSIS	2.446	1.685	3.343	0.804	0.009	-	1.037	-	3.063	81.857	2.528	0.565	37.933	136.552	22.001	0.815	4.91	0.05
4	TOPSIS	3.746	1.206	4.212	0.768	0.009	-	1.037	-	3.213	74.462	2.424	0.656	23.568	65.980	2.493	0.994	4.88	0.05
5	TOPSIS	3.563	1.074	4.099	0.678	0.000	0.030	1.037	-	2.975	49.348	2.388	0.597	14.149	57.028	2.297	0.987	4.83	0.04
6	TOPSIS	2.879	1.159	3.652	0.719	0.000	0.043	0.795	0.683	1.799	151.162	1.527	0.529	3.167	18.273	1.457	0.888	4.70	0.04

Tabella C. 2

1891 Valle d'Ilasi – membership: tipo 2, unite

MB	MD	LAT	LAT ERH	LAT BST	LON	LON ERH	LON BST	DEP	DEP ERH	DEP BST	ME	ME ERH	ME BST	NT	NA	NBS	AZI	AZI ERH	AZI BST	Rayleigh	Kuiper	I
0	Cfti3	45.556	2.393	1.418	11.154	0.379	1.301	-	-	-	5.87	0.12	0.12	305	12	400	34	100	32	uniform	<0.01	8.5
1	Cfti3	45.550	1.311	1.486	11.196	1.335	1.334	3.910	-	-	5.66	0.12	0.06	305	6	400	64	61	16	uniform	uniform	7.8
2	Cfti3	45.551	1.351	2.383	11.198	1.428	2.155	4.035	0.302	0.279	5.66	0.12	0.06	305	6	400	65	64	88	uniform	uniform	7.8
3	Cfti3	45.551	1.330	2.223	11.198	1.406	2.152	3.910	-	-	5.66	0.12	0.06	305	6	400	65	64	88	uniform	uniform	7.8
4	Cfti3	45.553	1.626	4.034	11.198	1.575	2.309	5.270	3.547	8.399	5.59	0.11	0.26	305	6	400	65	53	9	uniform	uniform	7.5
5	Cfti3	45.550	0.894	1.255	11.190	0.883	1.023	1.000	1.698	1.731	5.98	0.13	0.16	305	12	400	59	39	12	uniform	<0.01	8.9
6	Cfti3	45.552	0.909	1.192	11.184	1.064	1.103	1.000	1.108	-	5.80	0.12	0.11	305	12	400	61	35	63	<0.10	<0.01	8.3
0	Maximin	45.557	4.718	1.774	11.154	2.788	0.680	-	-	-	6.01	0.11	0.03	305	17	400	12	15	31	<0.01	<0.01	9
1	Maximin	45.560	1.458	1.657	11.187	1.380	1.140	3.910	-	-	5.76	0.10	0.05	305	7	400	52	103	40	uniform	uniform	8
2	Maximin	45.560	1.481	1.817	11.188	1.442	1.593	3.983	0.268	0.123	5.76	0.10	0.05	305	7	400	56	99	44	uniform	uniform	8
3	Maximin	45.560	1.472	1.797	11.188	1.419	1.549	3.910	-	-	5.77	0.10	0.05	305	7	400	55	100	45	uniform	uniform	8.1
4	Maximin	45.561	1.674	1.920	11.191	1.919	1.790	5.034	5.166	7.063	5.70	0.09	0.30	305	7	400	63	87	88	uniform	uniform	7.8
5	Maximin	45.557	0.969	1.490	11.174	0.834	0.685	1.000	1.163	0.178	6.01	0.11	0.06	305	17	400	27	26	47	<0.01	<0.01	9
6	Maximin	45.556	0.998	1.643	11.170	0.873	0.710	1.000	0.989	-	5.89	0.10	0.10	305	7	400	12	42	44	uniform	<0.05	8.5
0	Centroid	45.557	2.962	1.595	11.155	2.882	0.933	-	-	-	6.13	0.13	0.05	305	20	400	15	17	39	<0.01	<0.01	9
1	Centroid	45.695	3.828	6.185	11.158	3.163	2.692	3.910	-	-	5.98	0.14	0.05	305	5	400	178	6	39	<0.01	<0.01	8.5
2	Centroid	45.778	3.694	9.434	11.129	3.469	6.097	5.556	0.498	0.726	5.98	0.14	0.05	305	5	400	174	3	41	<0.01	<0.01	8.5
3	Centroid	45.778	3.562	9.503	11.127	3.260	5.798	3.910	-	-	6.08	0.13	0.05	305	5	400	173	3	38	<0.01	<0.01	8.8
4	Centroid	45.688	6.598	4.622	11.110	6.839	5.565	48.353	10.424	14.961	5.49	0.22	0.10	305	5	400	163	6	47	<0.01	<0.01	6.4
5	Centroid	45.565	1.454	3.167	11.166	1.409	1.561	3.834	-	5.527	5.87	0.15	0.25	305	11	400	16	36	47	<0.10	<0.025	8.1
6	Centroid	45.559	1.320	1.878	11.159	0.923	0.798	1.000	1.382	-	5.90	0.15	0.12	305	11	400	8	25	44	<0.01	<0.01	8.2
0	Hurwicz	45.557	4.718	1.852	11.154	2.788	0.789	-	-	-	6.01	0.10	0.14	305	17	400	12	18	35	<0.01	<0.01	9
1	Hurwicz	45.563	1.465	1.629	11.188	1.414	1.310	3.910	-	-	5.75	0.10	0.05	305	7	400	57	105	50	uniform	<0.05	8
2	Hurwicz	45.563	1.495	2.005	11.190	1.486	1.912	3.993	0.273	0.166	5.75	0.10	0.05	305	7	400	60	100	32	uniform	<0.05	8
3	Hurwicz	45.563	1.482	1.905	11.189	1.458	1.854	3.910	-	-	5.76	0.10	0.05	305	7	400	60	101	28	uniform	<0.05	8.1
4	Hurwicz	45.566	1.977	1.880	11.197	2.257	2.034	6.240	6.043	7.639	5.63	0.09	0.31	305	7	400	70	84	2	uniform	<0.10	7.6
5	Hurwicz	45.559	0.968	1.432	11.175	0.858	0.669	1.000	1.157	0.113	6.00	0.10	0.05	305	17	400	30	33	60	<0.10	<0.01	9
6	Hurwicz	45.558	0.987	1.620	11.170	0.908	0.697	1.000	1.005	-	5.87	0.10	0.10	305	7	400	12	44	49	uniform	<0.05	8.5
0	SAW	45.561	6.711	2.797	11.137	2.069	1.054	-	-	-	6.04	0.11	0.11	305	18	400	17	20	25	<0.01	<0.01	9
1	SAW	45.567	2.049	2.629	11.187	1.555	1.682	3.910	-	-	5.75	0.09	0.07	305	3	400	158	82	14	uniform	uniform	8
2	SAW	45.569	2.172	3.712	11.190	1.712	3.100	4.076	0.286	0.280	5.75	0.09	0.07	305	3	400	150	100	29	uniform	uniform	8
3	SAW	45.568	2.120	3.656	11.188	1.613	3.100	3.910	-	-	5.76	0.09	0.06	305	3	400	155	89	18	uniform	uniform	8
4	SAW	45.583	3.757	2.484	11.207	3.658	2.404	23.667	7.363	11.188	5.35	0.08	0.29	305	3	400	85	60	70	uniform	uniform	6.4
5	SAW	45.562	1.533	1.865	11.175	0.869	0.871	1.285	2.082	1.025	5.95	0.10	0.15	305	3	400	175	40	45	uniform	<0.10	8.7
6	SAW	45.559	1.276	2.107	11.168	0.939	0.641	1.000	1.171	0.007	5.80	0.09	0.11	305	3	400	0	29	33	<0.10	<0.10	8.2
0	WPM	45.561	5.550	2.279	11.153	3.219	1.096	-	-	-	6.02	0.10	0.03	305	18	400	15	18	39	<0.01	<0.01	9
1	WPM	45.568	1.554	1.809	11.189	1.402	1.230	3.910	-	-	5.76	0.09	0.05	305	6	400	106	569	39	uniform	uniform	8
2	WPM	45.569	1.599	2.438	11.190	1.478	2.007	4.009	0.274	0.209	5.76	0.09	0.05	305	6	400	101	439	53	uniform	<0.10	8
3	WPM	45.569	1.583	2.451	11.190	1.444	1.961	3.910	-	-	5.76	0.09	0.05	305	6	400	103	477	31	uniform	<0.10	8.1
4	WPM	45.575	2.358	2.172	11.203	2.250	2.058	9.131	5.855	7.825	5.55	0.08	0.31	305	6	400	57	96	7	uniform	<0.10	7.2
5	WPM	45.564	1.006	1.390	11.176	0.882	0.717	1.000	1.295	0.172	6.01	0.10	0.06	305	18	400	31	36	47	<0.10	<0.01	9
6	WPM	45.563	0.966	1.563	11.171	0.995	0.782	1.000	1.027	-	5.88	0.10	0.10	305	6	400	2	74	44	uniform	<0.05	8.5
0	TOPSIS	45.545	10.244	2.458	11.147	8.235	0.928	-	-	-	6.00	0.11	0.15	305	18	400	16	17	29	<0.01	<0.01	9
1	TOPSIS	45.567	1.875	2.763	11.186	1.514	1.760	3.910	-	-	5.74	0.10	0.09	305	18	400	48	38	87	uniform	<0.01	8
2	TOPSIS	45.569	2.009	4.247	11.189	1.666	3.020	4.077	0.287	0.297	5.74	0.10	0.09	305	18	400	51	36	0	<0.10	<0.01	8
3	TOPSIS	45.568	1.944	4.214	11.188	1.571	2.964	3.910	-	-	5.74	0.10	0.09	305	18	400	50	37	87	<0.10	<0.01	8
4	TOPSIS	45.587	3.533	2.719	11.208	3.347	2.347	20.719	6.633	9.656	5.36	0.08	0.26	305	18	400	49	19	87	<0.01	<0.01	6.5
5	TOPSIS	45.563	1.089	1.564	11.171	0.842	1.031	1.000	1.931	1.226	5.98	0.11	0.17	305	18	400	28	35	49	<0.10	<0.01	8.9
6	TOPSIS	45.561	0.991	1.641	11.165	0.956	0.667	1.000	1.290	-	5.81	0.10	0.13	305	18	400	19	30	40	<0.05	<0.01	8.2

Tabella C. 3

1891 Valle d'Ilasi – membership: tipo 2, unite																			
MB	MD	LEN	LEN BST	WID	WID BST	AAT	AAT ERH	BAT	BAT ERH	E2 AXMX	E2 AZMX	E2 AXMI	E2 ECC	E2 BAXMX	E2 BAZMX	E2 BAXMI	E2 BECC	MM	MM ERH
0	Cfti3	45.556	2.393	1.418	11.154	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	2.183	22.332	1.933	0.464	5.53	0.03
1	Cfti3	45.550	1.311	1.486	11.196	0.009	-	1.037	-	2.064	126.237	1.943	0.337	2.284	160.012	1.984	0.495	5.48	0.03
2	Cfti3	45.551	1.351	2.383	11.198	0.009	-	1.037	-	2.167	99.866	2.043	0.332	3.659	19.779	3.212	0.479	5.49	0.03
3	Cfti3	45.551	1.330	2.223	11.198	0.009	-	1.037	-	2.142	106.779	2.003	0.354	3.460	34.362	3.163	0.405	5.49	0.03
4	Cfti3	45.553	1.626	4.034	11.198	0.009	-	1.037	-	2.515	32.316	2.332	0.374	6.179	169.939	3.381	0.837	5.47	0.03
5	Cfti3	45.550	0.894	1.255	11.190	0.000	0.003	1.037	-	1.481	136.608	1.196	0.589	1.902	178.643	1.549	0.580	5.41	0.02
6	Cfti3	45.552	0.909	1.192	11.184	0.000	0.005	0.859	0.166	1.614	86.465	1.376	0.522	1.973	37.144	1.471	0.666	5.26	0.02
0	Maximin	45.557	4.718	1.774	11.154	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	2.733	11.018	0.905	0.944	5.65	0.03
1	Maximin	45.560	1.458	1.657	11.187	0.009	-	1.037	-	2.226	160.139	2.073	0.364	2.511	179.158	1.727	0.726	5.56	0.03
2	Maximin	45.560	1.481	1.817	11.188	0.009	-	1.037	-	2.258	156.840	2.171	0.275	2.806	20.712	2.352	0.545	5.56	0.03
3	Maximin	45.560	1.472	1.797	11.188	0.009	-	1.037	-	2.248	156.507	2.132	0.317	2.754	15.925	2.311	0.544	5.56	0.03
4	Maximin	45.561	1.674	1.920	11.191	0.009	-	1.037	-	3.024	63.289	2.398	0.609	2.942	21.029	2.677	0.415	5.53	0.03
5	Maximin	45.557	0.969	1.490	11.174	0.000	0.002	1.037	-	1.489	162.629	1.239	0.554	2.282	170.624	0.982	0.903	5.46	0.02
6	Maximin	45.556	0.998	1.643	11.170	0.000	0.004	0.916	0.146	1.512	177.638	1.322	0.485	2.508	172.269	1.032	0.911	5.34	0.02
0	Centroid	45.557	2.962	1.595	11.155	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	2.471	14.152	1.319	0.846	5.82	0.03
1	Centroid	45.695	3.828	6.185	11.158	0.009	-	1.037	-	6.813	143.577	3.193	0.883	9.491	170.057	3.789	0.917	5.86	0.03
2	Centroid	45.778	3.694	9.434	11.129	0.009	-	1.037	-	5.971	143.715	4.828	0.588	14.624	164.786	8.696	0.804	5.92	0.03
3	Centroid	45.778	3.562	9.503	11.127	0.009	-	1.037	-	5.660	148.305	4.636	0.574	14.754	164.829	8.165	0.833	5.97	0.03
4	Centroid	45.688	6.598	4.622	11.110	0.009	-	1.037	-	10.690	124.724	9.646	0.431	8.432	92.060	7.001	0.557	6.26	0.05
5	Centroid	45.565	1.454	3.167	11.166	0.000	-1.000	1.037	-	2.241	31.033	2.094	0.355	4.809	4.404	2.345	0.873	5.58	0.03
6	Centroid	45.559	1.320	1.878	11.159	0.000	0.004	0.695	0.150	2.012	171.333	1.381	0.727	2.846	1.398	1.207	0.906	5.30	0.03
0	Hurwicz	45.557	4.718	1.852	11.154	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	2.863	12.391	1.049	0.930	5.65	0.03
1	Hurwicz	45.563	1.465	1.629	11.188	0.009	-	1.037	-	2.260	149.333	2.099	0.371	2.506	164.219	1.938	0.634	5.54	0.03
2	Hurwicz	45.563	1.495	2.005	11.190	0.009	-	1.037	-	2.306	138.890	2.209	0.287	3.101	29.285	2.831	0.408	5.54	0.03
3	Hurwicz	45.563	1.482	1.905	11.189	0.009	-	1.037	-	2.292	143.130	2.161	0.333	2.985	37.044	2.704	0.423	5.55	0.03
4	Hurwicz	45.566	1.977	1.880	11.197	0.009	-	1.037	-	3.702	56.882	2.638	0.702	3.170	62.106	2.751	0.497	5.53	0.03
5	Hurwicz	45.559	0.968	1.432	11.175	0.000	0.002	1.037	-	1.496	158.093	1.265	0.535	2.233	165.101	0.865	0.922	5.45	0.02
6	Hurwicz	45.558	0.987	1.620	11.170	0.000	0.004	0.912	0.147	1.499	169.601	1.371	0.405	2.484	170.498	0.987	0.918	5.33	0.02
0	SAW	45.561	6.711	2.797	11.137	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	4.361	14.237	1.220	0.960	5.64	0.03
1	SAW	45.567	2.049	2.629	11.187	0.009	-	1.037	-	3.144	166.530	2.303	0.681	4.058	166.180	2.429	0.801	5.53	0.03
2	SAW	45.569	2.172	3.712	11.190	0.009	-	1.037	-	3.322	167.820	2.555	0.639	5.706	163.557	4.601	0.591	5.53	0.03
3	SAW	45.568	2.120	3.656	11.188	0.009	-	1.037	-	3.246	167.619	2.398	0.674	5.606	164.335	4.619	0.567	5.53	0.03
4	SAW	45.583	3.757	2.484	11.207	0.009	-	1.037	-	5.795	147.280	5.434	0.347	3.984	140.933	3.400	0.521	5.78	0.05
5	SAW	45.562	1.533	1.865	11.175	0.000	0.002	1.037	-	2.351	169.638	1.267	0.842	2.878	168.007	1.202	0.909	5.43	0.02
6	SAW	45.559	1.276	2.107	11.168	0.000	0.003	0.834	0.142	1.933	1.899	1.422	0.678	3.211	173.397	0.904	0.960	5.25	0.03
0	WPM	45.561	5.550	2.279	11.153	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	3.570	16.043	1.391	0.921	5.65	0.03
1	WPM	45.568	1.554	1.809	11.189	0.009	-	1.037	-	2.383	161.343	2.094	0.478	2.756	171.769	1.841	0.744	5.54	0.03
2	WPM	45.569	1.599	2.438	11.190	0.009	-	1.037	-	2.439	163.637	2.221	0.413	3.711	9.625	3.020	0.581	5.54	0.03
3	WPM	45.569	1.583	2.451	11.190	0.009	-	1.037	-	2.421	162.313	2.164	0.449	3.717	4.529	2.967	0.603	5.55	0.03
4	WPM	45.575	2.358	2.172	11.203	0.009	-	1.037	-	3.791	37.423	3.164	0.551	3.409	32.870	2.990	0.481	5.55	0.04
5	WPM	45.564	1.006	1.390	11.176	0.000	0.002	1.037	-	1.602	150.748	1.242	0.632	2.172	164.250	0.948	0.900	5.46	0.02
6	WPM	45.563	0.966	1.563	11.171	0.000	0.004	0.899	0.146	1.582	128.502	1.383	0.486	2.415	167.441	1.089	0.893	5.32	0.02
0	TOPSIS	45.545	10.244	2.458	11.147	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	3.792	11.451	1.212	0.948	5.63	0.03
1	TOPSIS	45.567	1.875	2.763	11.186	0.009	-	1.037	-	2.857	169.870	2.273	0.606	4.211	172.002	2.628	0.781	5.53	0.03
2	TOPSIS	45.569	2.009	4.247	11.189	0.009	-	1.037	-	3.049	174.716	2.520	0.563	6.460	172.844	4.542	0.711	5.53	0.03
3	TOPSIS	45.568	1.944	4.214	11.188	0.009	-	1.037	-	2.955	172.140	2.368	0.598	6.407	173.320	4.461	0.718	5.53	0.03
4	TOPSIS	45.587	3.533	2.719	11.208	0.009	-	1.037	-	5.400	159.048	5.022	0.368	4.175	17.177	3.492	0.548	5.74	0.05
5	TOPSIS	45.563	1.089	1.564	11.171	0.000	0.002	1.037	-	1.700	160.135	1.210	0.703	2.390	170.203	1.532	0.768	5.44	0.02
6	TOPSIS	45.561	0.991	1.641	11.165	0.000	0.004	0.844	0.144	1.629	139.740	1.305	0.599	2.492	175.722	0.997	0.917	5.26	0.03

Tabella C. 4

1915 Marsica – membership: tipo 2, unite																							
MB	MD	LAT	LAT ERH	LAT BST	LON	LON ERH	LON BST	DEP	DEP ERH	DEP BST	ME	ME ERH	ME BST	NT	NA	NBS	AZI	AZI ERH	AZI BST	Rayleigh	Kuiper	I	
0	Cfū3	41.986	4.793	1.762	13.648	2.909	4.437	-	-	-	7.05	0.06	0.02	569	39	600	122	15	20	<0.01	<0.01	11	
1	Cfū3	41.996	1.494	1.309	13.585	1.476	1.499	3.910	-	-	6.85	0.11	0.03	569	39	600	116	12	12	<0.01	<0.01	10.3	
2	Cfū3	41.996	1.474	1.310	13.581	1.516	1.624	3.758	0.155	0.043	6.85	0.11	0.03	569	39	600	116	12	12	<0.01	<0.01	10.3	
3	Cfū3	41.996	1.483	1.314	13.582	1.523	1.628	3.910	-	-	6.84	0.11	0.03	569	39	600	116	12	12	<0.01	<0.01	10.3	
4	Cfū3	41.995	1.398	1.284	13.586	1.436	1.636	1.000	2.261	0.084	7.26	0.08	0.03	569	39	600	116	12	13	<0.01	<0.01	11.7	
5	Cfū3	41.999	1.334	1.305	13.584	1.274	1.350	1.000	4.515	1.191	7.34	0.10	0.14	569	39	600	117	12	12	<0.01	<0.01	12	
6	Cfū3	41.995	1.442	1.622	13.575	1.291	1.258	8.074	5.627	5.632	6.90	0.09	0.35	569	39	600	116	12	13	<0.01	<0.01	10.5	
0	Maximin	41.996	13.156	2.760	13.586	20.153	5.894	-	-	-	7.11	0.10	0.02	569	44	600	121	12	14	<0.01	<0.01	11	
1	Maximin	41.997	1.741	1.612	13.543	1.808	1.890	3.910	-	-	6.96	0.14	0.06	569	43	600	122	11	14	<0.01	<0.01	10.5	
2	Maximin	41.997	1.723	1.607	13.540	1.848	1.984	3.819	0.177	0.047	6.96	0.14	0.06	569	43	600	122	11	14	<0.01	<0.01	10.5	
3	Maximin	41.997	1.732	1.644	13.541	1.853	1.994	3.910	-	-	6.95	0.14	0.06	569	43	600	122	11	15	<0.01	<0.01	10.5	
4	Maximin	41.999	-	1.590	13.545	-	2.113	1.000	-	1.243	7.41	0.05	0.17	569	44	600	122	11	14	<0.01	<0.01	11.9	
5	Maximin	42.001	1.765	1.974	13.544	1.653	1.771	6.225	4.093	4.230	6.91	0.15	0.30	569	43	600	122	11	15	<0.01	<0.01	10.4	
6	Maximin	42.006	2.166	2.346	13.532	1.667	1.760	25.484	11.772	10.643	6.71	0.21	0.31	569	11	600	111	7	14	<0.01	<0.01	9.6	
0	Centroid	42.015	2.566	2.486	13.487	11.431	4.632	-	-	-	7.07	0.08	0.05	569	49	600	129	10	16	<0.01	<0.01	11	
1	Centroid	41.986	1.794	1.574	13.558	1.721	1.566	3.910	-	-	6.95	0.10	0.03	569	36	600	121	13	14	<0.01	<0.01	10.6	
2	Centroid	41.985	1.828	1.596	13.561	1.744	1.590	4.044	0.180	0.046	6.95	0.10	0.03	569	36	600	120	13	14	<0.01	<0.01	10.6	
3	Centroid	41.986	1.819	1.597	13.561	1.747	1.599	3.910	-	-	6.96	0.10	0.03	569	36	600	120	13	14	<0.01	<0.01	10.6	
4	Centroid	41.986	1.838	1.581	13.563	1.831	1.615	3.310	3.733	2.362	7.01	0.09	0.21	569	49	600	126	12	16	<0.01	<0.01	10.8	
5	Centroid	41.986	1.838	1.650	13.561	1.785	1.579	4.383	3.650	3.021	6.95	0.10	0.23	569	36	600	120	13	16	<0.01	<0.01	10.5	
6	Centroid	41.980	2.036	1.910	13.552	1.716	1.477	14.974	9.503	6.791	6.78	0.17	0.26	569	11	600	107	11	21	<0.01	<0.01	9.8	
0	Hurwicz	41.996	13.156	2.630	13.586	20.153	5.903	-	-	-	7.11	0.09	0.02	569	45	600	122	12	16	<0.01	<0.01	11	
1	Hurwicz	42.000	1.711	1.632	13.549	1.771	1.761	3.910	-	-	6.97	0.12	0.05	569	44	600	123	11	14	<0.01	<0.01	10.5	
2	Hurwicz	42.000	1.696	1.621	13.547	1.813	1.864	3.828	0.176	0.044	6.97	0.12	0.05	569	44	600	123	11	14	<0.01	<0.01	10.5	
3	Hurwicz	42.000	1.703	1.629	13.547	1.818	1.871	3.910	-	-	6.97	0.12	0.05	569	44	600	123	11	14	<0.01	<0.01	10.5	
4	Hurwicz	42.001	1.521	1.571	13.551	1.844	1.964	1.000	3.813	1.030	7.41	0.05	0.14	569	45	600	123	11	14	<0.01	<0.01	11.9	
5	Hurwicz	42.007	1.820	2.119	13.549	1.609	1.561	6.877	4.159	4.360	6.91	0.14	0.28	569	44	600	123	11	14	<0.01	<0.01	10.3	
6	Hurwicz	42.015	2.118	2.392	13.540	1.649	1.562	26.944	11.021	9.950	6.73	0.20	0.25	569	11	600	112	7	14	<0.01	<0.01	9.6	
0	SAW	41.979	11.356	3.690	13.601	9.710	5.223	-	-	-	7.11	0.10	0.03	569	57	600	126	21	38	<0.01	<0.01	11	
1	SAW	41.988	1.845	1.733	13.548	1.797	1.609	3.910	-	-	6.98	0.13	0.06	569	57	600	129	17	25	<0.01	<0.01	10.6	
2	SAW	41.988	1.820	1.733	13.545	1.838	1.703	3.795	0.179	0.045	6.98	0.13	0.06	569	57	600	129	17	25	<0.01	<0.01	10.6	
3	SAW	41.988	1.830	1.733	13.545	1.841	1.703	3.910	-	-	6.97	0.14	0.06	569	57	600	129	17	25	<0.01	<0.01	10.5	
4	SAW	41.992	1.642	1.784	13.548	1.888	1.800	1.000	5.263	0.683	7.43	0.06	0.11	569	57	600	129	16	25	<0.01	<0.01	12	
5	SAW	41.993	1.734	1.774	13.551	1.558	1.377	5.976	3.673	3.200	6.97	0.14	0.25	569	57	600	128	16	25	<0.01	<0.01	10.5	
6	SAW	41.996	2.026	2.093	13.544	1.616	1.419	25.189	10.548	7.151	6.76	0.19	0.17	569	7	600	114	19	29	<0.01	<0.025	9.8	
0	WPM	41.986	13.419	3.213	13.630	2.742	4.352	-	-	-	7.12	0.09	0.02	569	44	600	129	19	33	<0.01	<0.01	11	
1	WPM	41.994	1.699	1.555	13.553	1.726	1.581	3.910	-	-	6.99	0.13	0.04	569	44	600	124	14	19	<0.01	<0.01	10.5	
2	WPM	41.994	1.668	1.538	13.549	1.770	1.684	3.748	0.169	0.047	6.99	0.13	0.04	569	44	600	124	14	19	<0.01	<0.01	10.5	
3	WPM	41.994	1.681	1.547	13.549	1.775	1.685	3.910	-	-	6.98	0.13	0.03	569	44	600	124	14	19	<0.01	<0.01	10.5	
4	WPM	41.996	1.499	1.482	13.553	1.805	1.772	1.000	2.900	0.586	7.43	0.05	0.09	569	44	600	124	14	19	<0.01	<0.01	11.9	
5	WPM	41.998	1.590	1.823	13.553	1.557	1.442	4.746	4.318	3.559	7.03	0.12	0.29	569	44	600	124	14	19	<0.01	<0.01	10.7	
6	WPM	42.005	2.084	2.244	13.542	1.601	1.471	24.601	11.157	9.841	6.75	0.19	0.28	569	8	600	112	17	23	<0.01	<0.01	9.7	
0	TOPSIS	41.978	10.233	2.238	13.649	9.971	3.585	-	-	-	7.12	0.10	0.02	569	59	600	124	19	30	<0.01	<0.01	11	
1	TOPSIS	41.989	1.810	1.549	13.562	1.788	1.642	3.910	-	-	7.00	0.13	0.04	569	59	600	122	15	19	<0.01	<0.01	10.6	
2	TOPSIS	41.989	1.775	1.546	13.558	1.839	1.772	3.722	0.177	0.052	7.00	0.13	0.04	569	59	600	122	14	19	<0.01	<0.01	10.6	
3	TOPSIS	41.989	1.788	1.549	13.558	1.845	1.773	3.910	-	-	6.99	0.14	0.04	569	59	600	122	14	19	<0.01	<0.01	10.5	
4	TOPSIS	41.991	1.638	1.536	13.563	1.840	1.843	1.000	2.644	0.353	7.45	0.06	0.07	569	59	600	122	14	19	<0.01	<0.01	12	
5	TOPSIS	41.994	1.590	1.584	13.563	1.542	1.409	3.783	4.152	3.082	7.13	0.10	0.29	569	59	600	122	14	19	<0.01	<0.01	11	
6	TOPSIS	41.996	2.012	2.024	13.551	1.598	1.461	23.196	10.986	8.413	6.80	0.19	0.25	569	10	600	109	14	22	<0.01	<0.01	9.9	

Tabella C. 5

1915 Marsica – membership: tipo 2, unite																			
MB	MD	LEN	LEN BST	WID	WID BST	AAT	AAT ERH	BAT	BAT ERH	E2 AXMX	E2 AZMX	E2 AXMI	E2 ECC	E2 BAXMX	E2 BAZMX	E2 BAXMI	E2 BECC	MM	MM ERH
0	Cfti3	52.098	1.455	17.561	0.266	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	7.009	107.010	1.789	0.967	6.58	0.02
1	Cfti3	40.176	1.795	15.252	0.362	0.009	-	1.037	-	2.375	138.133	2.118	0.453	2.642	127.687	1.453	0.835	6.57	0.02
2	Cfti3	40.176	1.795	15.252	0.362	0.009	-	1.037	-	2.406	128.763	2.115	0.477	2.799	124.033	1.469	0.851	6.57	0.02
3	Cfti3	39.638	1.778	15.141	0.361	0.009	-	1.037	-	2.414	128.756	2.132	0.470	2.804	124.029	1.479	0.850	6.57	0.02
4	Cfti3	69.850	3.041	20.588	0.487	0.009	-	1.037	-	2.361	131.260	1.910	0.588	2.855	124.109	1.335	0.884	6.56	0.02
5	Cfti3	77.457	11.344	21.775	1.910	0.013	0.001	1.037	-	2.135	142.913	1.804	0.535	2.489	133.148	1.377	0.833	6.67	0.02
6	Cfti3	42.642	37.956	15.753	5.595	0.005	0.004	1.651	0.377	2.194	168.827	1.946	0.462	2.630	152.707	1.660	0.776	7.14	0.02
0	Maximin	56.615	1.401	18.371	0.245	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	9.682	113.173	1.874	0.981	6.65	0.02
1	Maximin	46.195	4.477	16.452	0.815	0.009	-	1.037	-	2.806	122.502	2.566	0.405	3.238	125.438	1.919	0.805	6.64	0.02
2	Maximin	46.195	4.477	16.452	0.815	0.009	-	1.037	-	2.851	115.105	2.556	0.443	3.363	123.043	1.910	0.823	6.64	0.02
3	Maximin	45.797	4.465	16.375	0.816	0.009	-	1.037	-	2.857	115.168	2.570	0.437	3.378	123.526	1.980	0.810	6.64	0.02
4	Maximin	85.205	14.442	22.931	2.384	0.009	-	1.037	-	-	-	2.756	-	3.502	119.190	1.946	0.831	6.64	0.02
5	Maximin	43.571	24.936	15.939	4.171	0.014	0.001	1.037	-	2.680	169.529	2.498	0.362	3.365	142.810	2.196	0.758	6.80	0.02
6	Maximin	32.818	27.594	13.667	4.394	0.000	0.010	2.579	1.239	3.292	6.932	2.512	0.646	3.719	157.125	2.433	0.756	8.25	0.02
0	Centroid	53.541	3.675	17.823	0.681	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	7.461	111.468	2.787	0.928	6.67	0.02
1	Centroid	45.903	1.935	16.396	0.365	0.009	-	1.037	-	2.838	143.938	2.476	0.489	2.844	135.365	1.797	0.775	6.69	0.02
2	Centroid	45.903	1.935	16.396	0.365	0.009	-	1.037	-	2.890	144.802	2.509	0.496	2.872	135.254	1.846	0.766	6.69	0.02
3	Centroid	46.469	1.953	16.505	0.367	0.009	-	1.037	-	2.892	143.099	2.499	0.503	2.884	134.911	1.846	0.768	6.69	0.02
4	Centroid	49.362	17.454	17.055	2.968	0.009	-	1.037	-	2.905	136.037	2.648	0.411	2.875	133.545	1.860	0.762	6.69	0.02
5	Centroid	45.525	18.675	16.322	3.189	0.010	0.001	1.037	-	2.834	148.170	2.653	0.351	2.894	138.146	1.898	0.755	6.71	0.02
6	Centroid	36.338	23.246	14.444	3.722	0.001	0.007	1.827	0.712	3.087	176.828	2.598	0.540	3.067	154.120	1.994	0.760	7.39	0.02
0	Hurwicz	57.006	1.396	18.440	0.244	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	9.613	111.928	1.863	0.981	6.66	0.02
1	Hurwicz	47.286	3.693	16.662	0.675	0.009	-	1.037	-	2.759	124.217	2.511	0.414	3.105	130.228	1.896	0.792	6.65	0.02
2	Hurwicz	47.286	3.693	16.662	0.675	0.009	-	1.037	-	2.804	116.650	2.506	0.448	3.219	126.604	1.910	0.805	6.65	0.02
3	Hurwicz	46.945	3.709	16.596	0.680	0.009	-	1.037	-	2.811	116.647	2.519	0.444	3.232	126.624	1.919	0.805	6.65	0.02
4	Hurwicz	85.422	12.756	22.963	2.096	0.009	-	1.037	-	2.851	108.712	2.234	0.621	3.314	122.324	1.881	0.823	6.65	0.02
5	Hurwicz	43.516	23.949	15.928	3.971	0.015	0.001	1.037	-	2.762	173.482	2.434	0.473	3.403	155.210	2.079	0.792	6.82	0.02
6	Hurwicz	33.746	21.577	13.876	3.530	0.000	0.010	2.675	1.208	3.234	10.983	2.467	0.647	3.695	165.745	2.254	0.792	8.38	0.02
0	SAW	56.887	2.048	18.419	0.376	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	8.389	114.004	4.847	0.816	6.68	0.02
1	SAW	47.615	4.029	16.724	0.728	0.009	-	1.037	-	2.852	146.428	2.664	0.357	2.917	141.553	2.080	0.701	6.67	0.02
2	SAW	47.615	4.029	16.724	0.728	0.009	-	1.037	-	2.868	131.076	2.672	0.364	3.010	136.498	2.119	0.710	6.66	0.02
3	SAW	47.096	4.001	16.625	0.725	0.009	-	1.037	-	2.870	132.438	2.690	0.349	3.005	136.531	2.126	0.707	6.67	0.02
4	SAW	88.330	10.691	23.383	1.704	0.009	-	1.037	-	2.935	112.858	2.399	0.576	3.171	134.328	2.165	0.731	6.66	0.02
5	SAW	47.117	22.998	16.629	3.718	0.016	0.001	1.037	-	2.640	12.732	2.346	0.459	2.747	162.499	2.009	0.682	6.85	0.02
6	SAW	35.362	14.836	14.232	2.413	0.000	0.010	2.694	1.164	3.099	12.593	2.411	0.628	3.181	173.709	2.134	0.742	8.40	0.02
0	WPM	57.960	1.565	18.606	0.271	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	6.979	114.568	4.299	0.788	6.67	0.02
1	WPM	48.346	2.295	16.863	0.435	0.009	-	1.037	-	2.680	128.294	2.505	0.355	2.745	133.617	1.938	0.708	6.66	0.02
2	WPM	48.346	2.295	16.863	0.435	0.009	-	1.037	-	2.728	115.871	2.479	0.418	2.862	127.962	1.936	0.737	6.65	0.02
3	WPM	47.576	2.239	16.717	0.428	0.009	-	1.037	-	2.732	116.085	2.500	0.403	2.866	128.290	1.948	0.733	6.65	0.02
4	WPM	87.851	8.836	23.315	1.413	0.009	-	1.037	-	2.799	109.997	2.192	0.622	2.936	122.097	1.906	0.761	6.65	0.02
5	WPM	50.899	26.186	17.341	4.240	0.015	0.001	1.037	-	2.411	171.887	2.358	0.209	2.882	156.333	2.023	0.712	6.81	0.02
6	WPM	35.027	26.353	14.159	4.143	0.000	0.010	2.577	1.170	3.169	7.673	2.410	0.649	3.442	168.513	2.163	0.778	8.25	0.02
0	TOPSIS	58.035	1.479	18.619	0.257	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	5.671	109.693	2.975	0.851	6.68	0.02
1	TOPSIS	49.021	2.482	16.991	0.466	0.009	-	1.037	-	2.833	139.271	2.614	0.386	2.805	130.112	1.958	0.716	6.67	0.02
2	TOPSIS	49.021	2.482	16.991	0.466	0.009	-	1.037	-	2.874	124.733	2.596	0.429	2.970	124.800	1.968	0.749	6.67	0.02
3	TOPSIS	48.116	2.443	16.820	0.463	0.009	-	1.037	-	2.876	124.961	2.624	0.409	2.967	124.767	1.981	0.745	6.67	0.02
4	TOPSIS	90.746	7.126	23.728	1.104	0.009	-	1.037	-	2.948	121.070	2.289	0.630	3.093	123.111	1.910	0.786	6.66	0.02
5	TOPSIS	58.437	27.623	18.689	4.347	0.016	0.001	1.037	-	2.413	167.818	2.333	0.256	2.545	148.633	1.961	0.637	6.85	0.02
6	TOPSIS	37.528	24.617	14.699	3.776	0.000	0.010	2.625	1.178	3.059	7.923	2.408	0.617	3.095	169.070	2.174	0.712	8.30	0.02

Tabella C. 6

1918 Santa Sofia – membership: tipo 2, unite

MB	MD	LAT	LAT ERH	LAT BST	LON	LON ERH	LON BST	DEP	DEP ERH	DEP BST	ME	ME ERH	ME BST	NT	NA	NBS	AZI	AZI ERH	AZI BST	Rayleigh	Kuiper	I
0	Cft3	43.917	5.618	3.449	11.933	3.103	2.200	-	-	-	5.87	0.12	0.09	59	3	150	151	2	33	<0.01	<0.025	9
1	Cft3	43.889	1.743	1.880	11.962	1.819	1.372	3.910	-	-	5.65	0.20	0.15	59	6	150	153	13	21	<0.01	<0.01	8.1
2	Cft3	43.888	1.790	2.025	11.964	1.966	1.622	4.007	0.414	0.199	5.65	0.20	0.15	59	6	150	154	13	21	<0.01	<0.01	8.1
3	Cft3	43.887	1.804	2.002	11.967	2.030	1.663	3.910	-	-	5.66	0.20	0.15	59	6	150	154	13	22	<0.01	<0.01	8.2
4	Cft3	43.891	1.509	2.042	11.953	1.714	2.117	1.000	2.730	0.302	6.02	0.08	0.14	59	6	150	153	15	23	<0.01	<0.01	9.5
5	Cft3	43.887	1.607	1.941	11.955	3.102	2.631	2.056	3.764	0.991	5.88	0.12	0.17	59	3	150	151	2	25	<0.01	<0.025	9
6	Cft3	43.881	1.520	1.652	11.975	3.095	3.373	6.340	3.498	2.694	5.77	0.16	0.35	59	6	150	155	13	38	<0.01	<0.01	8.6
0	Maximin	43.871	8.201	3.760	11.968	4.205	1.852	-	-	-	5.92	0.03	0.07	59	7	150	162	13	29	<0.01	<0.01	9
1	Maximin	43.854	1.940	2.461	11.972	1.825	1.178	3.910	-	-	5.72	0.08	0.14	59	7	150	166	17	22	<0.01	<0.01	8.2
2	Maximin	43.854	1.956	2.642	11.970	1.866	1.328	3.796	0.447	0.176	5.72	0.08	0.14	59	7	150	165	18	24	<0.01	<0.01	8.2
3	Maximin	43.853	2.003	2.628	11.974	1.947	1.374	3.910	-	-	5.72	0.08	0.14	59	7	150	166	16	23	<0.01	<0.01	8.2
4	Maximin	43.847	1.752	2.863	11.973	2.631	1.520	1.000	1.730	0.069	6.09	0.04	0.15	59	7	150	166	16	23	<0.01	<0.01	9.6
5	Maximin	43.842	1.599	2.663	11.986	2.263	1.823	1.000	3.138	0.388	6.19	0.06	0.17	59	7	150	159	16	24	<0.01	<0.01	9.9
6	Maximin	43.844	1.748	2.424	11.989	3.077	2.421	3.998	2.912	1.854	6.03	0.03	0.35	59	7	150	159	17	23	<0.01	<0.01	9.4
0	Centroid	43.919	4.594	3.604	11.945	3.196	1.599	-	-	-	5.98	0.10	0.06	59	11	150	151	16	36	<0.01	<0.01	9
1	Centroid	43.846	2.087	2.282	11.953	2.153	1.497	3.910	-	-	5.84	0.15	0.13	59	11	150	171	20	36	<0.01	<0.01	8.4
2	Centroid	43.843	2.256	2.388	11.956	2.335	1.409	4.153	0.488	0.225	5.84	0.15	0.13	59	7	150	170	19	34	<0.01	<0.01	8.4
3	Centroid	43.842	2.271	2.372	11.959	2.410	1.405	3.910	-	-	5.86	0.14	0.13	59	7	150	170	18	33	<0.01	<0.01	8.5
4	Centroid	43.849	2.407	2.633	11.952	2.811	1.712	1.816	3.003	0.629	6.04	0.08	0.14	59	11	150	170	20	34	<0.01	<0.01	9.3
5	Centroid	43.840	2.823	2.563	11.954	2.844	1.826	2.849	2.048	1.030	5.97	0.10	0.15	59	7	150	170	21	39	<0.01	<0.01	9
6	Centroid	43.837	2.240	2.431	11.950	2.764	2.406	5.311	3.432	2.330	5.95	0.11	0.28	59	7	150	171	25	44	<0.01	<0.01	8.9
0	Hurwicz	43.871	8.201	3.679	11.968	4.205	1.760	-	-	-	5.91	0.03	0.08	59	7	150	162	13	29	<0.01	<0.01	9
1	Hurwicz	43.852	1.912	2.520	11.974	1.785	1.238	3.910	-	-	5.70	0.09	0.17	59	7	150	166	16	22	<0.01	<0.01	8.2
2	Hurwicz	43.853	1.929	2.674	11.972	1.831	1.389	3.806	0.446	0.161	5.70	0.09	0.17	59	7	150	166	17	21	<0.01	<0.01	8.2
3	Hurwicz	43.851	1.977	2.659	11.976	1.911	1.424	3.910	-	-	5.71	0.09	0.17	59	7	150	165	16	22	<0.01	<0.01	8.2
4	Hurwicz	43.846	1.499	2.860	11.976	2.124	1.611	1.000	1.729	0.001	6.07	0.03	0.16	59	7	150	165	16	21	<0.01	<0.01	9.6
5	Hurwicz	43.841	1.513	2.651	11.987	1.958	1.911	1.000	2.604	0.270	6.17	0.05	0.19	59	7	150	159	16	21	<0.01	<0.01	9.9
6	Hurwicz	43.842	1.660	2.252	11.997	2.996	2.600	3.448	3.559	1.990	6.07	0.03	0.36	59	7	150	156	17	24	<0.01	<0.01	9.6
0	SAW	43.909	5.731	3.807	11.958	3.915	2.065	-	-	-	5.92	0.04	0.09	59	5	150	151	25	42	<0.01	<0.05	9
1	SAW	43.862	1.805	2.391	11.966	1.817	1.329	3.910	-	-	5.71	0.10	0.19	59	5	150	156	19	28	<0.01	<0.025	8.1
2	SAW	43.862	1.858	2.516	11.966	1.911	1.372	3.944	0.432	0.191	5.71	0.10	0.19	59	5	150	156	19	28	<0.01	<0.025	8.1
3	SAW	43.860	1.872	2.512	11.970	1.985	1.426	3.910	-	-	5.72	0.10	0.18	59	5	150	156	19	27	<0.01	<0.025	8.1
4	SAW	43.863	1.469	2.704	11.958	1.882	1.820	1.000	2.596	0.126	6.05	0.03	0.17	59	5	150	157	23	32	<0.01	<0.05	9.5
5	SAW	43.862	1.665	2.605	11.954	2.634	2.105	1.000	4.947	0.370	6.10	0.03	0.20	59	5	150	158	26	33	<0.025	<0.05	9.7
6	SAW	43.858	1.830	2.439	11.968	3.172	2.868	4.405	2.356	1.889	5.90	0.05	0.33	59	5	150	159	22	33	<0.01	<0.10	8.9
0	WPM	43.890	8.754	3.568	11.958	4.730	1.766	-	-	-	5.92	0.03	0.08	59	6	150	161	17	34	<0.01	<0.01	9
1	WPM	43.856	1.769	2.339	11.967	1.695	1.193	3.910	-	-	5.71	0.09	0.19	59	6	150	165	23	25	<0.01	<0.025	8.1
2	WPM	43.856	1.794	2.491	11.967	1.745	1.323	3.876	0.426	0.177	5.71	0.09	0.19	59	6	150	165	23	26	<0.01	<0.025	8.1
3	WPM	43.855	1.816	2.456	11.970	1.810	1.365	3.910	-	-	5.72	0.09	0.19	59	6	150	167	21	25	<0.01	<0.01	8.2
4	WPM	43.852	1.496	2.643	11.964	1.717	1.454	1.000	1.686	-	6.06	0.03	0.17	59	6	150	168	21	26	<0.01	<0.01	9.6
5	WPM	43.851	1.646	2.394	11.962	2.491	1.725	1.000	2.674	0.229	6.12	0.04	0.19	59	6	150	168	21	27	<0.01	<0.025	9.8
6	WPM	43.851	1.601	2.132	11.968	2.598	2.491	3.812	2.177	1.527	5.96	0.02	0.35	59	6	150	169	20	31	<0.01	<0.01	9.2
0	TOPSIS	43.871	8.201	3.749	11.968	4.205	1.684	-	-	-	5.92	0.03	0.07	59	7	150	162	13	18	<0.01	<0.01	9
1	TOPSIS	43.852	1.882	2.519	11.971	1.786	1.557	3.910	-	-	5.72	0.08	0.15	59	7	150	166	17	26	<0.01	<0.01	8.2
2	TOPSIS	43.852	1.902	2.729	11.969	1.824	1.704	3.800	0.438	0.180	5.72	0.08	0.15	59	7	150	166	17	26	<0.01	<0.01	8.2
3	TOPSIS	43.851	1.948	2.689	11.973	1.902	1.740	3.910	-	-	5.73	0.07	0.15	59	7	150	166	16	26	<0.01	<0.01	8.2
4	TOPSIS	43.846	1.654	2.983	11.972	2.458	1.898	1.000	1.640	0.059	6.09	0.03	0.14	59	7	150	166	17	25	<0.01	<0.01	9.6
5	TOPSIS	43.841	1.610	2.759	11.983	2.228	2.136	1.000	2.901	0.323	6.17	0.06	0.17	59	7	150	160	16	26	<0.01	<0.01	9.9
6	TOPSIS	43.842	1.727	2.327	11.986	2.969	2.680	3.769	2.814	1.814	6.03	0.02	0.34	59	7	150	160	16	28	<0.01	<0.01	9.4

Tabella C. 7

1918 Santa Sofia – membership: tipo 2, unite																			
MB	MD	LEN	LEN BST	WID	WID BST	AAT	AAT ERH	BAT	BAT ERH	E2 AXMX	E2 AZMX	E2 AXMI	E2 ECC	E2 BAXMX	E2 BAZMX	E2 BAXMI	E2 BECC	MM	MM ERH
0	Cfti3	10.571	1.104	7.393	0.447	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	6.050	148.875	1.343	0.975	5.67	0.04
1	Cfti3	7.784	1.804	6.263	0.731	0.009	-	1.037	-	2.845	123.716	2.546	0.446	3.267	147.594	1.328	0.914	5.69	0.04
2	Cfti3	7.784	1.804	6.263	0.731	0.009	-	1.037	-	3.093	119.258	2.581	0.551	3.678	143.477	1.389	0.926	5.70	0.04
3	Cfti3	7.944	1.830	6.332	0.735	0.009	-	1.037	-	3.172	115.763	2.620	0.564	3.667	142.275	1.449	0.919	5.70	0.04
4	Cfti3	12.968	2.786	8.260	0.896	0.009	-	1.037	-	2.777	58.016	2.064	0.669	4.162	133.608	1.593	0.924	5.67	0.04
5	Cfti3	10.661	3.397	7.427	1.092	0.016	0.004	1.037	-	4.725	96.844	2.386	0.863	4.548	122.256	1.964	0.902	5.77	0.04
6	Cfti3	9.156	9.227	6.839	2.570	0.000	0.014	1.786	0.654	4.704	95.210	2.272	0.876	5.269	105.410	2.152	0.913	6.22	0.03
0	Maximin	11.300	1.036	7.666	0.386	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	5.981	160.983	2.136	0.934	5.72	0.05
1	Maximin	8.562	1.986	6.595	0.757	0.009	-	1.037	-	3.023	149.850	2.672	0.468	3.837	165.106	1.539	0.916	5.73	0.05
2	Maximin	8.562	1.986	6.595	0.757	0.009	-	1.037	-	3.129	143.129	2.643	0.535	4.187	161.519	1.596	0.925	5.73	0.05
3	Maximin	8.646	2.017	6.630	0.765	0.009	-	1.037	-	3.238	139.814	2.726	0.540	4.184	160.497	1.639	0.920	5.73	0.05
4	Maximin	14.235	3.792	8.689	1.091	0.009	-	1.037	-	4.475	119.414	1.710	0.924	4.648	157.525	1.586	0.940	5.71	0.04
5	Maximin	16.225	4.454	9.327	1.252	0.017	0.005	1.037	-	3.659	114.990	2.059	0.827	4.411	152.616	2.112	0.878	5.83	0.04
6	Maximin	13.051	12.915	8.289	3.042	0.000	0.014	1.762	0.545	4.766	104.045	2.456	0.857	4.199	135.102	3.053	0.687	6.22	0.04
0	Centroid	12.181	0.865	7.984	0.320	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	5.685	162.903	1.834	0.947	5.81	0.05
1	Centroid	10.149	2.117	7.232	0.758	0.009	-	1.037	-	3.366	125.670	3.052	0.422	3.516	166.618	2.177	0.785	5.85	0.04
2	Centroid	10.149	2.117	7.232	0.758	0.009	-	1.037	-	3.746	128.736	3.190	0.524	3.669	168.491	2.046	0.830	5.85	0.04
3	Centroid	10.413	2.126	7.333	0.752	0.009	-	1.037	-	3.857	125.509	3.209	0.555	3.650	167.874	2.031	0.831	5.85	0.04
4	Centroid	13.334	3.286	8.386	0.980	0.009	-	1.037	-	4.950	127.015	2.634	0.847	4.128	161.739	2.367	0.819	5.82	0.04
5	Centroid	12.078	3.781	7.948	1.112	0.013	0.005	1.037	-	4.887	134.277	3.603	0.676	3.995	161.978	2.604	0.758	5.89	0.04
6	Centroid	11.776	9.690	7.839	2.385	0.000	0.015	1.601	0.635	4.250	105.813	3.316	0.626	3.769	140.114	3.557	0.331	6.20	0.04
0	Hurwicz	11.137	1.183	7.606	0.436	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	5.944	158.762	1.688	0.959	5.71	0.05
1	Hurwicz	8.386	2.572	6.521	0.948	0.009	-	1.037	-	2.958	153.373	2.637	0.453	3.981	162.234	1.501	0.926	5.72	0.05
2	Hurwicz	8.386	2.572	6.521	0.948	0.009	-	1.037	-	3.063	144.777	2.619	0.519	4.297	159.111	1.545	0.933	5.72	0.05
3	Hurwicz	8.481	2.577	6.561	0.946	0.009	-	1.037	-	3.172	141.215	2.702	0.524	4.288	158.425	1.584	0.929	5.72	0.05
4	Hurwicz	13.906	3.953	8.579	1.163	0.009	-	1.037	-	3.527	118.131	1.754	0.868	4.720	155.128	1.565	0.943	5.70	0.04
5	Hurwicz	15.763	5.042	9.182	1.426	0.017	0.004	1.037	-	3.121	114.618	2.077	0.746	4.551	148.654	1.954	0.903	5.82	0.04
6	Hurwicz	13.940	13.468	8.590	3.211	0.000	0.014	1.748	0.547	4.594	100.329	2.415	0.851	4.428	125.628	2.749	0.784	6.20	0.04
0	SAW	11.335	1.170	7.679	0.455	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	6.159	157.864	2.264	0.930	5.67	0.05
1	SAW	8.437	2.683	6.542	1.003	0.009	-	1.037	-	2.891	133.282	2.589	0.445	3.762	162.320	1.741	0.886	5.70	0.04
2	SAW	8.437	2.683	6.542	1.003	0.009	-	1.037	-	3.089	130.236	2.603	0.538	3.997	160.663	1.700	0.905	5.70	0.04
3	SAW	8.589	2.684	6.606	0.995	0.009	-	1.037	-	3.184	125.838	2.638	0.560	4.011	159.450	1.749	0.900	5.70	0.04
4	SAW	13.565	4.150	8.464	1.238	0.009	-	1.037	-	3.103	119.467	1.861	0.800	4.516	152.033	2.001	0.897	5.66	0.04
5	SAW	14.358	4.905	8.729	1.434	0.013	0.004	1.037	-	4.335	115.615	1.874	0.902	4.461	146.318	2.419	0.840	5.72	0.04
6	SAW	10.926	10.528	7.527	2.709	0.000	0.013	1.651	0.497	5.012	108.763	2.383	0.880	4.674	121.013	3.271	0.714	6.08	0.04
0	WPM	11.258	1.201	7.650	0.454	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	5.664	161.339	2.078	0.930	5.69	0.05
1	WPM	8.448	2.913	6.547	1.067	0.009	-	1.037	-	2.730	150.734	2.516	0.388	3.673	163.163	1.528	0.909	5.71	0.04
2	WPM	8.448	2.913	6.547	1.067	0.009	-	1.037	-	2.836	141.712	2.518	0.460	3.967	160.349	1.588	0.916	5.71	0.04
3	WPM	8.581	2.971	6.603	1.082	0.009	-	1.037	-	2.905	135.852	2.579	0.460	3.934	159.149	1.628	0.910	5.71	0.04
4	WPM	13.720	4.224	8.517	1.243	0.009	-	1.037	-	2.994	127.140	1.717	0.819	4.248	158.692	1.689	0.918	5.68	0.04
5	WPM	14.755	4.844	8.859	1.398	0.014	0.004	1.037	-	4.228	119.156	1.611	0.925	4.006	150.763	1.988	0.868	5.75	0.04
6	WPM	11.978	11.729	7.912	2.934	0.000	0.013	1.666	0.485	4.086	108.468	2.164	0.848	4.294	125.879	2.501	0.813	6.10	0.04
0	TOPSIS	11.325	1.066	7.675	0.385	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	6.097	158.212	1.267	0.978	5.72	0.05
1	TOPSIS	8.620	2.097	6.619	0.806	0.009	-	1.037	-	2.947	147.590	2.602	0.470	4.037	158.115	1.959	0.874	5.73	0.05
2	TOPSIS	8.620	2.097	6.619	0.806	0.009	-	1.037	-	3.055	142.092	2.570	0.541	4.464	155.203	1.959	0.899	5.73	0.05
3	TOPSIS	8.706	2.136	6.655	0.818	0.009	-	1.037	-	3.164	138.859	2.648	0.547	4.424	154.115	1.996	0.892	5.73	0.05
4	TOPSIS	14.212	3.195	8.681	0.978	0.009	-	1.037	-	4.190	119.767	1.611	0.923	4.956	153.277	2.036	0.912	5.71	0.04
5	TOPSIS	15.938	3.961	9.238	1.182	0.016	0.004	1.037	-	3.698	118.504	1.917	0.855	4.769	146.765	2.283	0.878	5.82	0.04
6	TOPSIS	13.140	11.912	8.319	2.884	0.000	0.013	1.725	0.522	4.645	106.734	2.348	0.863	4.597	126.130	2.790	0.795	6.18	0.04

Tabella C. 8

1919 Mugello – membership: tipo 2, unite

MB	MD	LAT	LAT ERH	LAT BST	LON	LON ERH	LON BST	DEP	DEP ERH	DEP BST	ME	ME ERH	ME BST	NT	NA	NBS	AZI	AZI ERH	AZI BST	Rayleigh	Kuiper	I
0	Cft3	43.955	4.309	0.980	11.483	2.218	1.072	-	-	-	6.31	0.11	0.14	315	22	400	67	17	34	<0.01	<0.01	10
1	Cft3	43.945	1.344	0.733	11.554	1.527	1.598	3.910	-	-	5.94	0.10	0.06	315	10	400	100	15	18	<0.01	<0.05	8.7
2	Cft3	43.945	1.356	0.750	11.554	1.574	1.668	3.940	0.222	0.061	5.94	0.10	0.06	315	10	400	100	15	18	<0.01	<0.05	8.7
3	Cft3	43.945	1.372	0.766	11.555	1.569	1.653	3.910	-	-	5.94	0.10	0.06	315	10	400	100	14	18	<0.01	<0.05	8.7
4	Cft3	43.946	1.537	0.961	11.545	1.718	1.856	2.423	1.289	0.828	6.07	0.11	0.12	315	22	400	92	11	18	<0.01	<0.01	9.2
5	Cft3	43.946	1.589	1.207	11.613	1.953	2.402	6.031	1.921	1.537	5.94	0.10	0.11	315	10	400	96	9	18	<0.01	<0.025	8.7
6	Cft3	43.938	1.527	1.281	11.640	1.622	1.829	15.757	5.522	2.867	5.89	0.10	0.08	315	10	400	99	8	14	<0.01	<0.01	8.5
0	Maximin	43.936	4.012	5.885	11.513	3.383	1.620	-	-	-	6.36	0.07	0.05	315	6	400	161	33	13	<0.10	<0.05	10
1	Maximin	43.945	1.468	1.093	11.560	1.597	1.660	3.910	-	-	6.05	0.16	0.09	315	6	400	147	75	61	uniform	uniform	8.9
2	Maximin	43.945	1.472	1.107	11.560	1.627	1.760	3.914	0.251	0.063	6.05	0.16	0.09	315	6	400	147	75	62	uniform	uniform	8.9
3	Maximin	43.945	1.492	1.135	11.561	1.628	1.747	3.910	-	-	6.05	0.16	0.09	315	6	400	146	79	62	uniform	uniform	8.9
4	Maximin	43.952	2.056	1.493	11.548	1.718	1.829	1.574	1.599	0.491	6.32	0.08	0.12	315	6	400	162	82	62	uniform	uniform	9.8
5	Maximin	43.947	1.777	1.725	11.617	2.334	2.706	4.642	1.827	1.577	6.16	0.13	0.20	315	6	400	88	54	45	uniform	uniform	9.2
6	Maximin	43.940	1.574	1.706	11.647	1.667	1.937	13.098	4.120	2.626	6.11	0.14	0.11	315	6	400	90	40	33	uniform	<0.10	9.1
0	Centroid	43.931	15.189	2.870	11.501	7.601	2.053	-	-	-	6.29	0.14	0.07	315	12	400	145	28	50	<0.025	<0.01	9.5
1	Centroid	43.950	1.782	1.326	11.568	1.825	2.036	3.910	-	-	6.18	0.18	0.08	315	6	400	91	58	50	uniform	uniform	9
2	Centroid	43.951	1.815	1.377	11.571	1.923	2.187	4.040	0.255	0.086	6.18	0.18	0.08	315	6	400	87	51	49	uniform	uniform	9
3	Centroid	43.952	1.842	1.412	11.571	1.912	2.193	3.910	-	-	6.19	0.18	0.08	315	6	400	86	51	49	uniform	uniform	9.1
4	Centroid	43.953	2.024	1.660	11.570	1.952	2.277	3.581	1.575	1.164	6.21	0.17	0.15	315	6	400	85	50	48	uniform	uniform	9.2
5	Centroid	43.952	1.895	1.641	11.615	2.089	2.209	6.941	2.418	2.101	6.14	0.20	0.13	315	6	400	81	23	31	<0.01	uniform	8.9
6	Centroid	43.946	1.933	1.757	11.642	2.158	2.306	16.766	9.437	6.041	6.09	0.22	0.13	315	6	400	85	18	29	<0.01	<0.10	8.6
0	Hurwicz	43.915	6.241	5.989	11.503	4.648	1.907	-	-	-	6.35	0.11	0.04	315	7	400	172	25	79	<0.01	<0.01	10
1	Hurwicz	43.944	1.399	0.972	11.550	1.537	1.264	3.910	-	-	6.05	0.16	0.06	315	9	400	168	166	1	uniform	<0.05	8.9
2	Hurwicz	43.944	1.393	0.967	11.550	1.553	1.310	3.873	0.251	0.069	6.05	0.16	0.06	315	9	400	168	157	9	uniform	<0.05	8.9
3	Hurwicz	43.944	1.415	0.987	11.551	1.558	1.294	3.910	-	-	6.06	0.16	0.06	315	9	400	168	180	85	uniform	<0.05	8.9
4	Hurwicz	43.947	1.775	1.191	11.535	0.981	1.309	1.000	1.593	0.291	6.44	0.10	0.08	315	7	400	7	62	7	uniform	uniform	10.3
5	Hurwicz	43.947	1.766	1.531	11.597	2.478	2.473	4.298	1.900	1.575	6.16	0.15	0.18	315	9	400	70	44	49	uniform	<0.10	9.3
6	Hurwicz	43.939	1.560	1.599	11.637	1.717	1.955	12.701	4.062	2.816	6.11	0.16	0.10	315	9	400	85	29	33	<0.05	<0.025	9.1
0	SAW	43.943	13.857	1.422	11.493	4.121	2.399	-	-	-	6.52	0.06	0.12	315	17	400	124	51	42	uniform	<0.01	10.5
1	SAW	43.949	1.325	0.972	11.548	1.507	1.592	3.910	-	-	6.12	0.17	0.06	315	16	400	111	32	60	<0.05	<0.01	8.9
2	SAW	43.949	1.318	0.987	11.548	1.518	1.627	3.859	0.260	0.064	6.12	0.17	0.06	315	16	400	111	31	60	<0.05	<0.01	8.9
3	SAW	43.949	1.344	1.004	11.549	1.524	1.607	3.910	-	-	6.12	0.17	0.06	315	16	400	110	33	62	<0.05	<0.01	9
4	SAW	43.952	1.207	1.398	11.535	1.074	1.804	1.000	1.214	0.276	6.48	0.06	0.07	315	17	400	111	38	65	uniform	<0.01	10.4
5	SAW	43.957	1.925	1.709	11.572	1.706	2.642	2.143	1.805	1.408	6.38	0.08	0.18	315	17	400	82	42	62	uniform	<0.01	10
6	SAW	43.949	1.531	1.526	11.630	1.908	2.402	10.061	3.698	3.008	6.27	0.13	0.16	315	17	400	83	15	29	<0.01	<0.01	9.5
0	WPM	43.939	4.300	4.254	11.499	2.641	1.532	-	-	-	6.37	0.09	0.03	315	35	400	143	67	32	uniform	<0.01	10
1	WPM	43.949	1.375	0.894	11.550	1.570	1.591	3.910	-	-	6.07	0.18	0.06	315	10	400	125	175	73	uniform	<0.05	8.9
2	WPM	43.949	1.375	0.901	11.549	1.594	1.666	3.895	0.258	0.064	6.07	0.18	0.06	315	10	400	126	176	72	uniform	<0.05	8.9
3	WPM	43.950	1.397	0.924	11.550	1.597	1.654	3.910	-	-	6.07	0.18	0.06	315	10	400	121	179	70	uniform	<0.05	9
4	WPM	43.954	1.217	1.048	11.535	1.094	1.808	1.000	1.606	0.333	6.46	0.09	0.08	315	35	400	88	42	60	uniform	<0.01	10.4
5	WPM	43.955	1.823	1.540	11.601	2.777	3.067	4.103	2.135	1.684	6.22	0.14	0.20	315	10	400	81	31	35	<0.05	<0.05	9.4
6	WPM	43.945	1.586	1.595	11.643	1.783	2.147	12.731	4.328	2.837	6.15	0.15	0.10	315	10	400	87	23	24	<0.01	<0.025	9.2
0	TOPSIS	43.946	2.860	1.673	11.537	3.993	2.353	-	-	-	6.67	0.09	0.12	315	14	400	120	36	5	<0.10	<0.01	11
1	TOPSIS	43.950	1.305	1.046	11.549	1.459	1.694	3.910	-	-	6.09	0.16	0.07	315	14	400	122	37	59	<0.10	<0.025	9
2	TOPSIS	43.949	1.286	1.050	11.548	1.457	1.728	3.803	0.255	0.052	6.09	0.16	0.07	315	14	400	122	37	58	<0.10	<0.025	9
3	TOPSIS	43.950	1.314	1.062	11.549	1.470	1.714	3.910	-	-	6.10	0.16	0.07	315	14	400	122	37	60	uniform	<0.025	9
4	TOPSIS	43.955	1.200	1.484	11.538	1.016	1.909	1.000	1.303	0.202	6.49	0.07	0.07	315	14	400	105	65	56	uniform	<0.01	10.4
5	TOPSIS	43.962	1.154	1.699	11.553	1.606	2.357	1.000	2.065	0.941	6.58	0.07	0.14	315	14	400	95	54	75	uniform	<0.01	10.7
6	TOPSIS	43.949	1.527	1.460	11.627	2.006	2.340	9.533	3.490	2.486	6.26	0.13	0.16	315	3	400	87	30	35	<0.10	uniform	9.5

Tabella C. 9

XXXX

1919 Mugello – membership: tipo 2, unite																			
MB	MD	LEN	LEN BST	WID	WID BST	AAT	AAT ERH	BAT	BAT ERH	E2 AXMX	E2 AZMX	E2 AXMI	E2 ECC	E2 BAXMX	E2 BAZMX	E2 BAXMI	E2 BECC	MM	MM ERH
0	Cfti3	19.215	3.115	10.223	0.972	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	2.027	48.664	0.856	0.906	5.95	0.02
1	Cfti3	11.551	1.240	7.758	0.393	0.009	-	1.037	-	2.325	101.224	2.024	0.492	2.424	93.024	1.105	0.890	5.97	0.02
2	Cfti3	11.551	1.240	7.758	0.393	0.009	-	1.037	-	2.389	96.082	2.051	0.513	2.529	91.596	1.134	0.894	5.97	0.02
3	Cfti3	11.631	1.250	7.787	0.395	0.009	-	1.037	-	2.381	95.866	2.075	0.490	2.506	91.440	1.159	0.886	5.97	0.02
4	Cfti3	13.918	3.350	8.583	0.928	0.009	-	1.037	-	2.658	67.115	2.265	0.523	2.827	82.997	1.426	0.864	5.95	0.02
5	Cfti3	11.665	2.849	7.799	0.814	0.017	0.002	1.037	-	2.992	103.892	2.368	0.611	3.652	95.377	1.805	0.869	6.14	0.02
6	Cfti3	10.778	1.638	7.472	0.522	0.000	0.009	2.377	0.765	2.544	121.722	2.220	0.488	2.791	99.187	1.914	0.728	7.20	0.02
0	Maximin	20.542	1.365	10.601	0.386	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	9.044	170.166	1.934	0.977	6.02	0.03
1	Maximin	13.407	2.188	8.411	0.648	0.009	-	1.037	-	2.544	122.425	2.082	0.575	2.636	111.075	1.455	0.834	6.04	0.03
2	Maximin	13.407	2.188	8.411	0.648	0.009	-	1.037	-	2.567	119.272	2.113	0.568	2.763	108.283	1.512	0.837	6.04	0.03
3	Maximin	13.518	2.201	8.448	0.649	0.009	-	1.037	-	2.575	120.869	2.138	0.557	2.750	109.063	1.551	0.826	6.04	0.03
4	Maximin	19.479	4.282	10.299	1.065	0.009	-	1.037	-	3.145	166.486	2.569	0.577	2.907	115.668	2.086	0.696	6.02	0.03
5	Maximin	15.703	6.765	9.163	1.704	0.018	0.002	1.037	-	3.591	104.703	2.620	0.684	4.177	103.741	2.489	0.803	6.23	0.02
6	Maximin	14.651	3.093	8.825	0.871	0.000	0.008	2.378	0.599	2.625	123.201	2.275	0.499	3.008	113.061	2.501	0.555	7.25	0.02
0	Centroid	18.630	1.940	10.054	0.544	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	4.958	148.349	2.001	0.915	6.07	0.02
1	Centroid	16.055	2.171	9.274	0.619	0.009	-	1.037	-	2.857	127.564	2.603	0.412	3.184	107.714	1.848	0.814	6.09	0.02
2	Centroid	16.055	2.171	9.274	0.619	0.009	-	1.037	-	2.945	112.251	2.716	0.386	3.379	103.888	1.980	0.810	6.09	0.02
3	Centroid	16.242	2.188	9.333	0.619	0.009	-	1.037	-	2.922	113.773	2.765	0.324	3.389	104.185	2.033	0.800	6.09	0.02
4	Centroid	16.719	5.190	9.480	1.305	0.009	-	1.037	-	3.150	146.403	2.869	0.413	3.534	107.086	2.396	0.735	6.09	0.02
5	Centroid	15.217	3.932	9.009	1.043	0.016	0.002	1.037	-	3.240	114.802	2.786	0.510	3.438	108.258	2.359	0.727	6.26	0.02
6	Centroid	14.165	3.785	8.665	1.037	0.000	0.015	2.287	1.304	3.441	120.681	2.726	0.610	3.620	111.155	2.486	0.727	7.25	0.02
0	Hurwicz	20.253	1.107	10.519	0.304	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	9.128	173.502	2.716	0.955	6.03	0.03
1	Hurwicz	13.518	1.430	8.448	0.444	0.009	-	1.037	-	2.415	118.998	2.022	0.547	2.082	119.034	1.227	0.808	6.04	0.03
2	Hurwicz	13.518	1.430	8.448	0.444	0.009	-	1.037	-	2.423	115.964	2.031	0.546	2.127	116.347	1.250	0.809	6.04	0.03
3	Hurwicz	13.596	1.431	8.474	0.444	0.009	-	1.037	-	2.435	117.421	2.059	0.534	2.109	117.595	1.278	0.796	6.04	0.03
4	Hurwicz	22.776	2.752	11.211	0.689	0.009	-	1.037	-	2.704	7.294	1.459	0.842	2.172	126.262	1.572	0.690	6.02	0.03
5	Hurwicz	15.729	5.962	9.172	1.517	0.018	0.002	1.037	-	3.794	101.483	2.619	0.724	3.836	105.021	2.170	0.825	6.23	0.02
6	Hurwicz	14.637	2.566	8.821	0.734	0.000	0.008	2.369	0.601	2.676	116.652	2.278	0.525	3.068	112.975	2.288	0.666	7.24	0.03
0	SAW	25.480	4.319	11.915	1.072	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	3.841	111.349	1.760	0.889	6.05	0.03
1	SAW	14.808	1.548	8.876	0.456	0.009	-	1.037	-	2.379	117.650	1.894	0.605	2.541	111.146	1.236	0.874	6.06	0.03
2	SAW	14.808	1.548	8.876	0.456	0.009	-	1.037	-	2.382	115.386	1.899	0.603	2.582	109.970	1.284	0.867	6.06	0.03
3	SAW	14.919	1.565	8.912	0.459	0.009	-	1.037	-	2.396	116.806	1.933	0.591	2.557	110.794	1.307	0.860	6.06	0.03
4	SAW	24.219	2.806	11.591	0.667	0.009	-	1.037	-	1.835	169.632	1.620	0.469	3.099	122.880	1.532	0.869	6.04	0.03
5	SAW	21.228	6.711	10.791	1.616	0.016	0.002	1.037	-	2.938	166.149	2.563	0.489	4.029	98.391	2.549	0.774	6.21	0.03
6	SAW	18.113	6.970	9.901	1.529	0.000	0.007	2.283	0.554	2.979	111.138	2.205	0.673	3.690	101.962	2.231	0.797	7.15	0.03
0	WPM	20.755	0.938	10.660	0.262	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	6.483	173.476	2.216	0.940	6.04	0.03
1	WPM	13.784	1.364	8.538	0.421	0.009	-	1.037	-	2.448	114.282	2.002	0.575	2.495	107.067	1.193	0.878	6.05	0.03
2	WPM	13.784	1.364	8.538	0.421	0.009	-	1.037	-	2.469	111.113	2.020	0.575	2.593	104.996	1.230	0.880	6.05	0.03
3	WPM	13.900	1.375	8.577	0.422	0.009	-	1.037	-	2.476	112.291	2.051	0.560	2.577	105.586	1.263	0.872	6.05	0.03
4	WPM	23.488	2.854	11.400	0.715	0.009	-	1.037	-	1.864	17.814	1.634	0.481	2.811	105.243	1.456	0.855	6.03	0.03
5	WPM	16.975	6.901	9.559	1.729	0.018	0.002	1.037	-	4.293	104.526	2.628	0.791	4.710	100.579	2.205	0.884	6.24	0.03
6	WPM	15.532	2.737	9.109	0.777	0.000	0.008	2.391	0.642	2.793	116.575	2.294	0.570	3.303	104.117	2.350	0.703	7.27	0.03
0	TOPSIS	31.188	4.359	13.295	1.079	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	3.569	93.300	2.530	0.705	6.05	0.03
1	TOPSIS	14.303	1.573	8.711	0.474	0.009	-	1.037	-	2.306	118.896	1.866	0.588	2.693	110.517	1.360	0.863	6.05	0.03
2	TOPSIS	14.303	1.573	8.711	0.474	0.009	-	1.037	-	2.290	116.696	1.852	0.588	2.733	109.409	1.384	0.862	6.05	0.03
3	TOPSIS	14.342	1.576	8.724	0.475	0.009	-	1.037	-	2.313	117.908	1.890	0.577	2.713	109.771	1.404	0.856	6.05	0.03
4	TOPSIS	24.332	2.529	11.620	0.612	0.009	-	1.037	-	1.848	17.659	1.504	0.581	3.309	123.525	1.572	0.880	6.03	0.03
5	TOPSIS	27.612	5.216	12.445	1.291	0.014	0.002	1.037	-	2.434	88.770	1.748	0.696	3.630	104.418	2.489	0.728	6.15	0.03
6	TOPSIS	17.933	8.239	9.848	1.609	0.000	0.006	2.229	0.491	3.118	108.456	2.206	0.707	3.566	97.880	2.178	0.792	7.08	0.03

Tabella C. 10

1920 Garfagnana – membership: tipo 2, unite																						
MB	MD	LAT	LAT ERH	LAT BST	LON	LON ERH	LON BST	DEP	DEP ERH	DEP BST	ME	ME ERH	ME BST	NT	NA	NBS	AZI	AZI ERH	AZI BST	Rayleigh	Kuiper	I
0	Cfù3	44.185	4.408	2.215	10.278	14.822	6.784	-	-	-	6.46	0.06	0.05	447	91	500	111	5	7	<0.01	<0.01	10
1	Cfù3	44.208	1.069	0.823	10.278	1.107	1.411	3.910	-	-	6.26	0.07	0.06	447	7	500	109	16	9	<0.01	<0.01	9.2
2	Cfù3	44.209	1.117	0.906	10.277	1.125	1.449	3.985	0.175	0.051	6.26	0.07	0.06	447	7	500	109	16	9	<0.01	<0.01	9.2
3	Cfù3	44.209	1.122	0.932	10.277	1.122	1.462	3.910	-	-	6.26	0.07	0.06	447	7	500	109	16	9	<0.01	<0.01	9.3
4	Cfù3	44.209	1.125	0.954	10.277	1.131	1.484	4.152	0.873	0.631	6.25	0.07	0.07	447	7	500	109	16	9	<0.01	<0.01	9.2
5	Cfù3	44.221	1.244	1.071	10.279	1.281	1.539	6.380	1.724	0.889	6.21	0.09	0.07	447	7	500	107	19	16	<0.01	<0.10	9
6	Cfù3	44.228	1.233	1.103	10.289	1.313	1.495	13.931	1.914	2.040	6.18	0.11	0.06	447	7	500	106	23	25	<0.01	<0.10	8.9
0	Maximin	44.225	74.361	6.207	10.195	24.485	4.806	-	-	-	6.49	0.06	0.04	447	99	500	119	8	25	<0.01	<0.01	10
1	Maximin	44.206	1.314	1.099	10.300	1.319	1.514	3.910	-	-	6.31	0.09	0.10	447	99	500	118	10	17	<0.01	<0.01	9.4
2	Maximin	44.203	1.276	1.107	10.299	1.270	1.456	3.654	0.197	0.086	6.31	0.09	0.10	447	99	500	118	10	16	<0.01	<0.01	9.4
3	Maximin	44.203	1.300	1.113	10.299	1.274	1.445	3.910	-	-	6.29	0.09	0.10	447	99	500	118	10	16	<0.01	<0.01	9.3
4	Maximin	44.204	1.310	1.137	10.302	1.359	1.700	3.195	1.128	0.878	6.35	0.08	0.15	447	99	500	118	10	17	<0.01	<0.01	9.5
5	Maximin	44.222	1.531	1.464	10.301	1.575	2.038	5.968	1.831	1.588	6.27	0.09	0.13	447	99	500	121	14	28	<0.01	<0.01	9.3
6	Maximin	44.227	1.549	1.584	10.300	1.674	2.086	15.497	4.363	3.008	6.20	0.11	0.11	447	99	500	122	15	36	<0.01	<0.01	9
0	Centroid	44.203	5.454	2.945	10.286	15.077	5.263	-	-	-	6.47	0.07	0.04	447	103	500	115	8	15	<0.01	<0.01	10
1	Centroid	44.204	1.343	1.265	10.299	1.271	1.352	3.910	-	-	6.30	0.06	0.05	447	58	500	110	12	13	<0.01	<0.01	9.4
2	Centroid	44.205	1.393	1.396	10.299	1.281	1.385	3.944	0.196	0.064	6.30	0.06	0.05	447	58	500	110	13	15	<0.01	<0.01	9.4
3	Centroid	44.205	1.408	1.419	10.299	1.285	1.389	3.910	-	-	6.30	0.06	0.05	447	58	500	110	12	15	<0.01	<0.01	9.4
4	Centroid	44.202	1.451	1.288	10.295	1.307	1.484	4.859	1.200	0.870	6.24	0.06	0.06	447	58	500	110	12	13	<0.01	<0.01	9.2
5	Centroid	44.210	1.603	1.443	10.294	1.478	1.791	7.317	1.820	1.549	6.19	0.06	0.06	447	58	500	112	13	23	<0.01	<0.01	9
6	Centroid	44.213	1.636	1.517	10.294	1.605	1.908	12.078	4.965	4.241	6.16	0.07	0.06	447	58	500	112	14	27	<0.01	<0.01	8.9
0	Hurwicz	44.196	66.358	2.767	10.285	23.731	3.921	-	-	-	6.47	0.04	0.02	447	99	500	120	8	15	<0.01	<0.01	10
1	Hurwicz	44.203	1.261	1.072	10.299	1.306	1.435	3.910	-	-	6.27	0.07	0.07	447	99	500	121	9	12	<0.01	<0.01	9.3
2	Hurwicz	44.203	1.285	1.162	10.299	1.306	1.457	3.909	0.215	0.059	6.27	0.07	0.07	447	99	500	121	9	12	<0.01	<0.01	9.3
3	Hurwicz	44.203	1.302	1.184	10.299	1.314	1.467	3.910	-	-	6.27	0.07	0.07	447	99	500	121	9	12	<0.01	<0.01	9.3
4	Hurwicz	44.205	1.308	1.237	10.302	1.408	1.757	3.158	1.131	0.878	6.37	0.08	0.15	447	99	500	122	9	12	<0.01	<0.01	9.6
5	Hurwicz	44.222	1.532	1.478	10.304	1.585	1.933	5.710	1.821	1.524	6.27	0.07	0.13	447	99	500	126	12	19	<0.01	<0.01	9.3
6	Hurwicz	44.226	1.549	1.584	10.305	1.664	1.999	14.896	4.309	2.704	6.19	0.08	0.07	447	99	500	127	13	23	<0.01	<0.01	9.1
0	SAW	44.200	56.344	4.734	10.268	21.145	5.428	-	-	-	6.47	0.05	0.15	447	31	500	123	12	18	<0.01	<0.01	10
1	SAW	44.200	1.330	1.089	10.297	1.358	1.452	3.910	-	-	6.33	0.08	0.12	447	31	500	125	12	14	<0.01	<0.01	9.4
2	SAW	44.200	1.340	1.133	10.297	1.351	1.456	3.874	0.221	0.053	6.33	0.08	0.12	447	31	500	125	12	14	<0.01	<0.01	9.4
3	SAW	44.200	1.358	1.151	10.296	1.358	1.459	3.910	-	-	6.33	0.08	0.12	447	31	500	125	12	14	<0.01	<0.01	9.4
4	SAW	44.202	1.357	1.191	10.299	1.425	1.726	3.174	1.145	0.851	6.37	0.06	0.16	447	31	500	126	12	15	<0.01	<0.01	9.6
5	SAW	44.218	1.640	1.592	10.299	1.631	1.969	5.975	1.845	1.534	6.32	0.09	0.15	447	31	500	129	13	17	<0.01	<0.01	9.3
6	SAW	44.221	1.635	1.690	10.298	1.711	2.046	15.264	4.184	2.525	6.27	0.12	0.13	447	31	500	129	14	18	<0.01	<0.01	9.1
0	WPM	44.196	66.358	2.892	10.285	23.731	4.259	-	-	-	6.47	0.03	0.02	447	100	500	120	8	15	<0.01	<0.01	10
1	WPM	44.204	1.263	1.078	10.294	1.287	1.529	3.910	-	-	6.29	0.06	0.06	447	100	500	121	8	11	<0.01	<0.01	9.4
2	WPM	44.204	1.289	1.182	10.294	1.288	1.564	3.914	0.215	0.061	6.29	0.06	0.06	447	100	500	121	8	11	<0.01	<0.01	9.4
3	WPM	44.204	1.304	1.208	10.294	1.295	1.574	3.910	-	-	6.30	0.06	0.06	447	100	500	121	8	11	<0.01	<0.01	9.4
4	WPM	44.206	1.302	1.171	10.297	1.344	1.861	3.223	1.120	0.873	6.35	0.05	0.13	447	100	500	122	9	12	<0.01	<0.01	9.6
5	WPM	44.223	1.543	1.589	10.296	1.576	2.222	5.977	1.815	1.598	6.28	0.07	0.11	447	100	500	125	11	19	<0.01	<0.01	9.3
6	WPM	44.227	1.562	1.702	10.296	1.694	2.340	15.433	4.374	2.874	6.21	0.08	0.07	447	100	500	127	12	23	<0.01	<0.01	9.1
0	TOPSIS	44.202	57.263	4.578	10.268	20.614	5.519	-	-	-	6.79	0.06	0.16	447	31	500	122	12	16	<0.01	<0.01	11
1	TOPSIS	44.202	1.296	0.934	10.296	1.348	1.257	3.910	-	-	6.29	0.08	0.06	447	31	500	124	12	16	<0.01	<0.01	9.3
2	TOPSIS	44.202	1.304	0.952	10.296	1.341	1.254	3.870	0.217	0.046	6.29	0.08	0.06	447	31	500	124	12	16	<0.01	<0.01	9.3
3	TOPSIS	44.202	1.322	0.967	10.296	1.349	1.256	3.910	-	-	6.29	0.08	0.06	447	31	500	124	12	16	<0.01	<0.01	9.3
4	TOPSIS	44.204	1.298	0.984	10.300	1.419	1.578	2.929	1.111	0.921	6.39	0.06	0.15	447	31	500	124	12	17	<0.01	<0.01	9.6
5	TOPSIS	44.218	1.582	1.326	10.300	1.589	1.745	4.670	1.599	1.449	6.32	0.07	0.16	447	31	500	126	13	20	<0.01	<0.01	9.5
6	TOPSIS	44.225	1.565	1.512	10.303	1.664	1.973	13.232	3.424	2.122	6.25	0.08	0.07	447	31	500	128	15	23	<0.01	<0.01	9.2

Tabella C. 11

1920 Garfagnana – membership: tipo 2, unite																			
MB	MD	LEN	LEN BST	WID	WID BST	AAT	AAT ERH	BAT	BAT ERH	E2 AXMX	E2 AZMX	E2 AXMI	E2 ECC	E2 BAXMX	E2 BAZMX	E2 BAXMI	E2 BECC	MM	MM ERH
0	Cfti3	23.455	1.483	11.391	0.399	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	10.779	107.561	0.869	0.997	6.14	0.02
1	Cfti3	17.912	1.970	9.842	0.511	0.009	-	1.037	-	1.707	59.400	1.587	0.369	2.184	103.909	1.166	0.846	6.16	0.02
2	Cfti3	17.912	1.970	9.842	0.511	0.009	-	1.037	-	1.740	49.341	1.656	0.308	2.255	106.027	1.274	0.825	6.16	0.02
3	Cfti3	18.012	1.990	9.871	0.515	0.009	-	1.037	-	1.748	44.804	1.651	0.329	2.278	106.501	1.310	0.818	6.16	0.02
4	Cfti3	17.667	2.560	9.768	0.641	0.009	-	1.037	-	1.754	47.746	1.663	0.319	2.309	106.236	1.347	0.812	6.16	0.02
5	Cfti3	16.813	2.131	9.509	0.555	0.014	0.001	1.037	-	1.989	55.752	1.834	0.387	2.372	104.069	1.564	0.752	6.28	0.02
6	Cfti3	16.039	1.861	9.269	0.503	0.000	0.003	2.083	0.219	2.093	55.516	1.753	0.547	2.269	93.978	1.668	0.678	7.08	0.02
0	Maximin	24.432	1.677	11.646	0.407	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	10.471	148.535	5.642	0.842	6.20	0.02
1	Maximin	19.071	3.677	10.182	0.898	0.009	-	1.037	-	2.175	45.561	1.797	0.563	2.313	100.539	1.637	0.706	6.19	0.02
2	Maximin	19.071	3.677	10.182	0.898	0.009	-	1.037	-	2.119	44.334	1.718	0.586	2.239	104.453	1.633	0.684	6.18	0.02
3	Maximin	18.601	3.587	10.045	0.883	0.009	-	1.037	-	2.140	42.236	1.740	0.582	2.223	104.788	1.643	0.674	6.19	0.02
4	Maximin	20.151	5.695	10.491	1.352	0.009	-	1.037	-	2.309	48.512	1.688	0.682	2.575	89.226	1.722	0.743	6.18	0.02
5	Maximin	18.213	4.885	9.931	1.192	0.015	0.001	1.037	-	2.551	49.684	2.137	0.546	3.101	97.278	2.201	0.705	6.34	0.02
6	Maximin	16.448	3.496	9.397	0.907	0.000	0.007	2.272	0.573	2.672	56.599	2.190	0.573	3.163	87.052	2.398	0.652	7.32	0.02
0	Centroid	23.713	1.429	11.459	0.365	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	8.811	116.251	2.423	0.961	6.22	0.02
1	Centroid	18.882	1.719	10.127	0.428	0.009	-	1.037	-	2.283	40.193	1.624	0.703	2.112	59.949	1.848	0.485	6.23	0.02
2	Centroid	18.882	1.719	10.127	0.428	0.009	-	1.037	-	2.345	37.822	1.650	0.711	2.206	42.781	2.002	0.421	6.23	0.02
3	Centroid	18.898	1.751	10.132	0.435	0.009	-	1.037	-	2.379	37.639	1.638	0.725	2.253	39.847	1.994	0.466	6.23	0.02
4	Centroid	17.517	2.283	9.723	0.560	0.009	-	1.037	-	2.416	35.929	1.708	0.707	2.312	66.737	1.878	0.583	6.24	0.02
5	Centroid	16.379	1.816	9.375	0.476	0.013	0.001	1.037	-	2.616	35.669	2.020	0.635	2.720	83.789	2.179	0.598	6.34	0.02
6	Centroid	15.703	1.758	9.164	0.467	0.007	0.006	1.522	0.492	2.715	42.513	2.166	0.603	2.910	79.740	2.276	0.623	6.73	0.02
0	Hurwicz	23.789	0.760	11.479	0.196	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	6.672	120.327	2.891	0.901	6.19	0.02
1	Hurwicz	18.210	1.856	9.930	0.514	0.009	-	1.037	-	2.098	51.113	1.779	0.530	2.255	110.866	1.511	0.742	6.20	0.02
2	Hurwicz	18.210	1.856	9.930	0.514	0.009	-	1.037	-	2.116	47.802	1.797	0.527	2.320	115.162	1.612	0.719	6.20	0.02
3	Hurwicz	18.258	1.872	9.944	0.517	0.009	-	1.037	-	2.146	46.538	1.803	0.542	2.331	115.161	1.653	0.705	6.20	0.02
4	Hurwicz	20.891	5.638	10.698	1.345	0.009	-	1.037	-	2.331	52.576	1.746	0.663	2.680	99.044	1.849	0.724	6.19	0.02
5	Hurwicz	18.143	4.792	9.910	1.162	0.015	0.001	1.037	-	2.559	50.684	2.147	0.544	3.004	108.440	2.138	0.703	6.34	0.02
6	Hurwicz	16.382	1.818	9.376	0.533	0.000	0.007	2.250	0.572	2.666	55.653	2.182	0.574	3.046	99.662	2.379	0.624	7.30	0.02
0	SAW	23.711	6.292	11.458	1.453	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	10.577	130.554	2.683	0.967	6.19	0.02
1	SAW	19.643	4.454	10.346	1.096	0.009	-	1.037	-	2.194	48.698	1.865	0.527	2.221	101.713	1.621	0.684	6.20	0.02
2	SAW	19.643	4.454	10.346	1.096	0.009	-	1.037	-	2.195	46.460	1.869	0.524	2.239	105.024	1.673	0.665	6.20	0.02
3	SAW	19.629	4.455	10.342	1.097	0.009	-	1.037	-	2.222	45.018	1.878	0.534	2.241	104.684	1.705	0.649	6.20	0.02
4	SAW	20.844	6.325	10.685	1.492	0.009	-	1.037	-	2.370	50.302	1.807	0.647	2.618	86.130	1.800	0.726	6.19	0.02
5	SAW	19.402	5.319	10.277	1.305	0.016	0.001	1.037	-	2.673	44.049	2.267	0.530	2.990	96.306	2.405	0.594	6.35	0.02
6	SAW	18.164	4.312	9.916	1.107	0.000	0.007	2.294	0.569	2.757	52.198	2.293	0.555	3.104	84.472	2.555	0.568	7.35	0.02
0	WPM	23.944	0.829	11.519	0.214	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	7.239	119.657	2.905	0.916	6.19	0.02
1	WPM	18.776	1.759	10.096	0.489	0.009	-	1.037	-	2.063	48.942	1.792	0.495	2.433	112.413	1.455	0.802	6.20	0.02
2	WPM	18.776	1.759	10.096	0.489	0.009	-	1.037	-	2.082	44.838	1.814	0.490	2.534	116.571	1.551	0.791	6.20	0.02
3	WPM	18.830	1.787	10.112	0.495	0.009	-	1.037	-	2.109	43.548	1.818	0.507	2.549	116.903	1.593	0.781	6.20	0.02
4	WPM	20.304	4.886	10.534	1.196	0.009	-	1.037	-	2.228	48.821	1.754	0.617	2.887	106.000	1.825	0.775	6.19	0.02
5	WPM	18.441	3.774	9.998	0.951	0.016	0.001	1.037	-	2.509	49.797	2.208	0.475	3.486	109.666	2.233	0.768	6.36	0.02
6	WPM	16.722	1.893	9.481	0.550	0.000	0.007	2.274	0.580	2.681	58.393	2.237	0.551	3.576	100.434	2.538	0.705	7.34	0.02
0	TOPSIS	36.929	6.716	14.571	1.561	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	9.973	127.191	4.309	0.902	6.19	0.02
1	TOPSIS	18.686	1.487	10.070	0.422	0.009	-	1.037	-	2.110	55.631	1.890	0.445	1.921	100.757	1.394	0.688	6.20	0.02
2	TOPSIS	18.686	1.487	10.070	0.422	0.009	-	1.037	-	2.107	52.538	1.895	0.437	1.921	102.732	1.414	0.677	6.20	0.02
3	TOPSIS	18.676	1.492	10.067	0.424	0.009	-	1.037	-	2.133	50.241	1.907	0.447	1.920	101.688	1.442	0.660	6.20	0.02
4	TOPSIS	21.393	5.403	10.836	1.329	0.009	-	1.037	-	2.278	56.751	1.816	0.604	2.409	81.157	1.461	0.795	6.18	0.02
5	TOPSIS	19.512	5.666	10.309	1.394	0.013	0.001	1.037	-	2.556	45.875	2.238	0.483	2.646	86.095	2.006	0.652	6.30	0.02
6	TOPSIS	17.631	1.830	9.758	0.522	0.000	0.004	2.180	0.407	2.667	54.536	2.206	0.562	3.003	81.409	2.272	0.654	7.20	0.02

Tabella C. 12

1930 Irpinia – membership: tipo 2, unite

MB	MD	LAT	LAT ERH	LAT BST	LON	LON ERH	LON BST	DEP	DEP ERH	DEP BST	ME	ME ERH	ME BST	NT	NA	NBS	AZI	AZI ERH	AZI BST	Rayleigh	Kuiper	I
0	Cft3	41.055	6.412	2.880	15.361	15.011	7.100	-	-	-	6.66	0.16	0.08	392	11	400	108	11	25	<0.01	<0.01	10
1	Cft3	41.074	2.283	2.895	15.325	2.192	2.991	3.910	-	-	6.64	0.16	0.04	392	11	400	109	12	21	<0.01	<0.01	10
2	Cft3	41.074	2.316	2.900	15.315	2.482	4.786	3.756	0.220	0.183	6.64	0.16	0.04	392	3	400	112	6	24	<0.01	<0.025	10
3	Cft3	41.074	2.346	2.906	15.312	2.607	5.225	3.910	-	-	6.63	0.17	0.04	392	3	400	111	6	28	<0.01	<0.025	9.9
4	Cft3	41.071	2.618	2.139	15.263	3.384	3.740	11.802	3.546	3.140	6.30	0.25	0.10	392	5	400	107	23	37	<0.01	uniform	8.7
5	Cft3	41.067	2.712	2.669	15.263	3.161	3.260	15.945	5.933	6.833	6.26	0.26	0.10	392	5	400	107	26	46	<0.025	uniform	8.5
6	Cft3	41.073	2.986	3.251	15.274	3.676	3.971	6.030	10.038	13.773	6.32	0.24	0.16	392	5	400	109	23	41	<0.01	<0.10	8.8
0	Maximin	41.086	7.351	2.741	15.337	11.145	5.486	-	-	-	6.78	0.17	0.10	392	19	400	109	13	28	<0.01	<0.01	10
1	Maximin	41.075	2.105	2.122	15.310	1.957	2.023	3.910	-	-	6.82	0.16	0.07	392	19	400	112	17	23	<0.01	<0.01	10.2
2	Maximin	41.076	2.126	2.209	15.302	2.231	2.992	3.779	0.198	0.115	6.82	0.16	0.07	392	19	400	111	19	28	<0.01	<0.01	10.2
3	Maximin	41.076	2.140	2.197	15.300	2.306	3.144	3.910	-	-	6.81	0.17	0.07	392	19	400	110	20	28	<0.01	<0.01	10.1
4	Maximin	41.066	2.484	2.229	15.261	2.886	3.256	12.029	3.822	4.044	6.34	0.18	0.14	392	5	400	100	43	39	uniform	uniform	8.9
5	Maximin	41.075	2.455	2.187	15.272	3.140	3.470	7.783	4.464	4.187	6.42	0.16	0.25	392	5	400	105	38	31	uniform	uniform	9.2
6	Maximin	41.086	2.000	2.514	15.279	2.230	3.617	1.000	3.957	6.266	6.88	0.15	0.25	392	19	400	100	21	32	<0.01	<0.01	10.4
0	Centroid	41.092	9.378	3.890	15.280	16.656	6.328	-	-	-	6.67	0.13	0.08	392	11	400	112	23	31	<0.01	<0.025	9.5
1	Centroid	41.067	2.437	2.607	15.318	2.111	2.274	3.910	-	-	6.80	0.10	0.04	392	23	400	109	15	21	<0.01	<0.01	10.1
2	Centroid	41.068	2.442	2.522	15.328	2.416	2.885	4.090	0.244	0.127	6.80	0.10	0.04	392	23	400	109	14	20	<0.01	<0.01	10.1
3	Centroid	41.068	2.426	2.521	15.327	2.425	2.943	3.910	-	-	6.81	0.10	0.04	392	23	400	109	14	20	<0.01	<0.01	10.1
4	Centroid	41.063	2.934	2.531	15.288	3.439	3.364	14.426	4.616	3.071	6.50	0.19	0.08	392	11	400	115	26	34	<0.01	<0.025	8.7
5	Centroid	41.066	2.948	2.890	15.293	3.556	3.508	12.053	6.449	5.981	6.52	0.18	0.11	392	11	400	116	25	35	<0.01	<0.025	8.8
6	Centroid	41.073	2.619	2.987	15.299	2.886	3.474	1.000	-	8.193	6.75	0.11	0.14	392	23	400	106	19	32	<0.01	<0.01	9.8
0	Hurwicz	41.065	5.645	2.658	15.346	12.518	6.014	-	-	-	6.78	0.17	0.10	392	20	400	113	13	24	<0.01	<0.01	10
1	Hurwicz	41.070	2.106	2.071	15.314	1.924	1.960	3.910	-	-	6.83	0.16	0.07	392	20	400	113	15	19	<0.01	<0.01	10.2
2	Hurwicz	41.070	2.116	2.185	15.306	2.153	2.991	3.776	0.198	0.117	6.83	0.16	0.07	392	20	400	112	17	23	<0.01	<0.01	10.2
3	Hurwicz	41.071	2.135	2.191	15.304	2.231	3.144	3.910	-	-	6.82	0.16	0.07	392	20	400	112	17	23	<0.01	<0.01	10.1
4	Hurwicz	41.062	2.510	2.128	15.261	2.923	3.284	12.340	3.794	3.787	6.48	0.25	0.14	392	4	400	103	28	35	<0.025	uniform	8.9
5	Hurwicz	41.069	2.492	2.099	15.270	3.146	3.468	8.794	4.326	3.928	6.54	0.24	0.22	392	4	400	105	24	30	<0.025	uniform	9.1
6	Hurwicz	41.081	2.020	2.529	15.282	2.500	3.649	1.000	-	6.368	6.87	0.15	0.24	392	20	400	104	20	32	<0.01	<0.01	10.3
0	SAW	41.077	5.611	2.243	15.312	11.280	4.858	-	-	-	6.75	0.15	0.06	392	11	400	110	19	38	<0.01	<0.01	10
1	SAW	41.068	2.167	2.984	15.297	1.877	2.803	3.910	-	-	6.78	0.14	0.10	392	11	400	106	24	43	<0.01	<0.025	10.1
2	SAW	41.068	2.180	3.024	15.294	2.073	3.744	3.856	0.197	0.140	6.78	0.14	0.10	392	11	400	105	25	47	<0.01	<0.025	10.1
3	SAW	41.069	2.193	3.015	15.292	2.140	3.919	3.910	-	-	6.77	0.14	0.10	392	11	400	104	25	48	<0.01	<0.025	10.1
4	SAW	41.052	2.625	2.459	15.238	2.927	3.346	15.480	4.088	4.439	6.38	0.24	0.15	392	6	400	84	51	59	uniform	<0.10	8.6
5	SAW	41.061	2.563	2.484	15.246	3.077	3.806	10.355	4.382	5.204	6.44	0.22	0.27	392	11	400	92	29	48	<0.025	<0.05	8.9
6	SAW	41.079	2.351	2.753	15.271	2.968	3.848	1.000	6.522	7.577	6.76	0.14	0.26	392	11	400	94	28	47	<0.025	<0.01	10
0	WPM	41.086	7.351	2.636	15.337	11.145	5.111	-	-	-	6.76	0.15	0.08	392	14	400	111	13	27	<0.01	<0.01	10
1	WPM	41.071	2.127	2.710	15.310	1.850	2.342	3.910	-	-	6.81	0.15	0.07	392	14	400	116	18	27	<0.01	<0.01	10.2
2	WPM	41.071	2.136	2.877	15.303	2.048	3.727	3.783	0.193	0.135	6.81	0.15	0.07	392	14	400	115	20	35	<0.01	<0.01	10.2
3	WPM	41.071	2.152	2.913	15.301	2.112	3.886	3.910	-	-	6.79	0.15	0.07	392	14	400	115	21	37	<0.01	<0.01	10.1
4	WPM	41.055	2.595	2.468	15.254	2.894	3.389	14.616	3.984	4.133	6.41	0.24	0.11	392	5	400	96	55	49	uniform	uniform	8.7
5	WPM	41.064	2.581	2.530	15.262	3.063	3.792	9.771	4.378	4.880	6.48	0.23	0.23	392	14	400	100	26	41	<0.01	<0.01	9
6	WPM	41.082	1.949	2.902	15.281	2.166	3.862	1.000	2.670	7.601	6.81	0.14	0.25	392	14	400	102	26	41	<0.01	<0.01	10.2
0	TOPSIS	41.086	7.351	2.826	15.337	11.145	5.515	-	-	-	6.77	0.16	0.09	392	12	400	112	13	25	<0.01	<0.01	10
1	TOPSIS	41.067	2.199	3.347	15.310	1.851	2.996	3.910	-	-	6.80	0.15	0.08	392	12	400	117	17	35	<0.01	<0.01	10.1
2	TOPSIS	41.067	2.223	3.413	15.304	2.025	4.189	3.786	0.195	0.150	6.80	0.15	0.08	392	12	400	116	19	43	<0.01	<0.01	10.1
3	TOPSIS	41.067	2.247	3.352	15.302	2.091	4.434	3.910	-	-	6.79	0.15	0.09	392	12	400	116	20	44	<0.01	<0.01	10.1
4	TOPSIS	41.049	2.734	2.740	15.241	3.031	3.521	16.780	4.137	4.699	6.37	0.25	0.12	392	5	400	89	55	70	uniform	uniform	8.5
5	TOPSIS	41.056	2.716	2.860	15.247	3.170	4.079	12.313	4.729	5.724	6.42	0.24	0.23	392	5	400	94	48	50	uniform	uniform	8.7
6	TOPSIS	41.080	2.217	3.428	15.278	2.481	4.281	1.000	4.713	9.795	6.75	0.16	0.26	392	12	400	105	25	50	<0.01	<0.01	10

Tabella C. 13

1930 Irpinia – membership: tipo 2, unite																			
MB	MD	LEN	LEN BST	WID	WID BST	AAT	AAT ERH	BAT	BAT ERH	E2 AXMX	E2 AZMX	E2 AXMI	E2 ECC	E2 BAXMX	E2 BAZMX	E2 BAXMI	E2 BECC	MM	MM ERH
0	Cfti3	30.698	3.087	13.181	0.756	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	11.418	109.912	2.104	0.983	6.44	0.02
1	Cfti3	30.112	1.724	13.044	0.377	0.009	-	1.037	-	3.526	150.028	3.251	0.387	4.596	60.648	4.318	0.342	6.43	0.02
2	Cfti3	30.112	1.724	13.044	0.377	0.009	-	1.037	-	3.870	119.214	3.388	0.483	7.250	90.111	4.394	0.795	6.42	0.02
3	Cfti3	29.529	1.821	12.907	0.401	0.009	-	1.037	-	4.085	117.333	3.400	0.554	7.918	87.999	4.397	0.832	6.42	0.02
4	Cfti3	18.912	3.929	10.136	0.916	0.009	-	1.037	-	5.155	80.869	3.932	0.647	5.666	88.644	3.240	0.820	6.43	0.02
5	Cfti3	17.876	4.179	9.831	0.963	0.011	0.002	1.037	-	4.897	69.057	3.981	0.582	4.958	81.073	4.019	0.586	6.52	0.02
6	Cfti3	19.428	5.960	10.285	1.448	0.017	0.006	0.520	0.381	5.858	64.025	4.146	0.706	6.068	77.332	4.860	0.599	6.07	0.02
0	Maximin	36.260	3.912	14.427	0.912	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	8.989	113.241	2.350	0.965	6.52	0.02
1	Maximin	38.585	4.532	14.922	0.880	0.009	-	1.037	-	3.416	144.172	2.701	0.612	3.376	143.885	2.887	0.519	6.50	0.02
2	Maximin	38.585	4.532	14.922	0.880	0.009	-	1.037	-	3.761	130.336	2.769	0.677	4.550	97.325	3.323	0.683	6.50	0.02
3	Maximin	38.005	4.475	14.800	0.877	0.009	-	1.037	-	3.861	128.087	2.796	0.690	4.776	95.519	3.313	0.720	6.50	0.02
4	Maximin	19.863	6.943	10.409	1.490	0.009	-	1.037	-	4.509	66.153	3.601	0.602	5.049	74.002	3.201	0.773	6.51	0.02
5	Maximin	22.350	15.422	11.097	2.955	0.006	0.002	1.037	-	4.839	74.071	3.613	0.665	5.264	86.530	3.305	0.778	6.43	0.02
6	Maximin	41.831	14.991	15.590	2.912	0.010	0.003	0.728	0.182	3.838	127.677	2.424	0.775	5.491	84.921	3.793	0.723	6.19	0.02
0	Centroid	31.313	3.627	13.324	0.811	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	10.823	118.954	3.084	0.959	6.47	0.02
1	Centroid	37.344	2.401	14.660	0.486	0.009	-	1.037	-	3.702	171.753	3.188	0.509	4.046	157.533	3.332	0.567	6.49	0.02
2	Centroid	37.344	2.401	14.660	0.486	0.009	-	1.037	-	3.747	36.330	3.612	0.266	4.401	103.105	3.788	0.509	6.50	0.02
3	Centroid	37.857	2.500	14.768	0.502	0.009	-	1.037	-	3.746	44.504	3.603	0.274	4.485	101.674	3.788	0.535	6.50	0.02
4	Centroid	24.664	2.864	11.706	0.694	0.009	-	1.037	-	5.345	68.104	4.283	0.598	5.163	76.514	3.743	0.689	6.51	0.02
5	Centroid	25.526	5.317	11.926	1.147	0.007	0.003	1.037	-	5.522	69.591	4.300	0.627	5.506	66.675	4.135	0.660	6.47	0.02
6	Centroid	34.638	6.806	14.073	1.464	0.014	0.005	0.529	0.219	4.596	121.360	3.709	0.591	5.438	65.620	4.316	0.608	6.07	0.02
0	Hurwicz	36.455	4.020	14.469	0.934	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	9.644	109.823	2.499	0.966	6.52	0.02
1	Hurwicz	38.778	4.510	14.962	0.875	0.009	-	1.037	-	3.310	150.663	2.780	0.543	3.467	140.509	2.579	0.668	6.50	0.02
2	Hurwicz	38.778	4.510	14.962	0.875	0.009	-	1.037	-	3.557	132.648	2.875	0.589	4.630	106.280	3.173	0.728	6.50	0.02
3	Hurwicz	38.184	4.479	14.837	0.877	0.009	-	1.037	-	3.669	129.471	2.905	0.611	4.811	100.981	3.250	0.737	6.50	0.02
4	Hurwicz	24.236	7.064	11.595	1.475	0.009	-	1.037	-	4.554	67.036	3.651	0.598	5.034	78.886	3.133	0.783	6.51	0.02
5	Hurwicz	26.243	13.308	12.107	2.566	0.006	0.002	1.037	-	4.842	74.387	3.679	0.650	5.256	88.051	3.177	0.797	6.44	0.02
6	Hurwicz	40.997	14.496	15.421	2.798	0.011	0.003	0.702	0.121	4.248	123.143	2.381	0.828	5.532	87.446	3.828	0.722	6.18	0.02
0	SAW	34.818	2.667	14.113	0.622	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	7.675	107.561	2.608	0.940	6.49	0.02
1	SAW	36.244	5.464	14.424	1.120	0.009	-	1.037	-	3.392	155.342	2.715	0.599	4.990	38.860	3.684	0.675	6.48	0.02
2	SAW	36.244	5.464	14.424	1.120	0.009	-	1.037	-	3.527	142.396	2.888	0.574	6.001	63.170	4.142	0.724	6.48	0.02
3	SAW	35.940	5.530	14.358	1.140	0.009	-	1.037	-	3.592	138.603	2.941	0.574	6.228	66.054	4.164	0.744	6.48	0.02
4	SAW	20.992	5.301	10.726	1.285	0.009	-	1.037	-	4.663	59.365	3.708	0.606	5.303	67.584	3.384	0.770	6.50	0.02
5	SAW	22.920	14.499	11.249	2.926	0.006	0.002	1.037	-	4.837	65.927	3.664	0.653	5.893	74.959	3.561	0.797	6.41	0.02
6	SAW	35.437	13.453	14.249	2.801	0.011	0.003	0.644	0.177	4.671	67.329	3.331	0.701	6.083	68.532	3.791	0.782	6.10	0.02
0	WPM	35.505	3.193	14.263	0.738	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	8.364	113.282	2.439	0.957	6.51	0.02
1	WPM	37.599	4.550	14.714	0.890	0.009	-	1.037	-	3.292	158.705	2.722	0.562	4.129	11.576	3.522	0.522	6.50	0.02
2	WPM	37.599	4.550	14.714	0.890	0.009	-	1.037	-	3.453	141.499	2.860	0.561	5.705	77.487	4.282	0.661	6.49	0.02
3	WPM	37.017	4.414	14.590	0.868	0.009	-	1.037	-	3.524	137.864	2.907	0.565	5.983	75.295	4.285	0.698	6.49	0.02
4	WPM	22.078	4.734	11.023	1.074	0.009	-	1.037	-	4.587	60.305	3.694	0.593	5.189	78.289	3.664	0.708	6.51	0.02
5	WPM	24.165	13.200	11.577	2.617	0.006	0.002	1.037	-	4.820	65.170	3.688	0.644	5.785	81.173	3.774	0.758	6.42	0.02
6	WPM	38.050	14.264	14.809	2.844	0.010	0.003	0.677	0.169	3.483	122.266	2.714	0.627	5.935	75.965	4.283	0.692	6.14	0.02
0	TOPSIS	35.623	3.687	14.289	0.882	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	8.904	111.531	2.974	0.943	6.51	0.02
1	TOPSIS	37.576	4.961	14.709	0.984	0.009	-	1.037	-	3.372	164.381	2.755	0.577	5.583	35.681	3.891	0.717	6.49	0.02
2	TOPSIS	37.576	4.961	14.709	0.984	0.009	-	1.037	-	3.501	150.509	2.915	0.554	6.725	62.606	4.668	0.720	6.49	0.02
3	TOPSIS	36.990	4.974	14.584	0.996	0.009	-	1.037	-	3.573	146.737	2.978	0.553	6.963	68.926	4.737	0.733	6.49	0.02
4	TOPSIS	20.840	4.477	10.684	1.064	0.009	-	1.037	-	4.838	58.645	3.852	0.605	5.565	66.840	3.837	0.724	6.51	0.02
5	TOPSIS	22.198	12.461	11.056	2.526	0.006	0.002	1.037	-	5.013	63.406	3.858	0.638	6.268	77.028	4.206	0.742	6.44	0.02
6	TOPSIS	34.964	14.175	14.145	2.870	0.011	0.003	0.608	0.176	3.772	79.462	3.343	0.463	6.740	66.858	4.859	0.693	6.08	0.02

Tabella C. 14

1876 Monte Baldo – membership: tipo 3, unite																			
MB	MD	LEN	LEN BST	WID	WID BST	AAT	AAT ERH	BAT	BAT ERH	E2 AXMX	E2 AZMX	E2 AXMI	E2 ECC	E2 BAXMX	E2 BAZMX	E2 BAXMI	E2 BECC	MM	MM ERH
0	Cfti3	2.781	0.510	3.583	0.376	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	3.712	17.156	1.487	0.916	5.05	0.05
1	Cfti3	2.443	0.523	3.341	0.364	0.009	-	1.037	-	2.180	107.142	1.731	0.608	3.729	26.955	2.690	0.693	5.07	0.04
2	Cfti3	2.443	0.523	3.341	0.364	0.009	-	1.037	-	2.109	104.187	1.765	0.548	7.201	108.235	1.375	0.982	5.07	0.04
3	Cfti3	2.485	0.703	3.371	0.443	0.009	-	1.037	-	2.288	106.393	1.858	0.584	22.617	80.023	3.537	0.988	5.08	0.04
4	Cfti3	2.919	1.450	3.679	0.754	0.009	-	1.037	-	2.923	105.120	1.804	0.787	22.339	79.306	3.063	0.991	5.02	0.04
5	Cfti3	2.975	0.870	3.717	0.553	0.000	-1.000	1.037	-	-	-	-	2.462	5.150	101.962	1.647	0.947	4.97	0.04
6	Cfti3	2.936	7.169	3.690	1.827	0.000	0.080	0.831	1.301	1.630	13.646	1.187	0.685	7.402	114.992	2.211	0.954	4.87	0.03
0	Maximin	2.891	0.480	3.660	0.369	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	3.716	167.069	1.934	0.854	5.05	0.05
1	Maximin	2.507	0.588	3.388	0.402	0.009	-	1.037	-	2.866	100.018	2.381	0.556	3.563	28.436	2.643	0.671	5.07	0.05
2	Maximin	2.507	0.588	3.388	0.402	0.009	-	1.037	-	3.150	95.145	2.510	0.604	45.684	84.836	18.059	0.919	5.08	0.05
3	Maximin	2.555	1.645	3.423	0.854	0.009	-	1.037	-	3.136	95.288	2.483	0.611	51.708	83.295	19.684	0.925	5.08	0.05
4	Maximin	3.346	2.360	3.962	1.207	0.009	-	1.037	-	2.972	88.794	2.409	0.585	48.477	60.616	14.872	0.952	5.05	0.05
5	Maximin	3.938	7.980	4.328	2.216	0.000	0.061	1.037	-	3.391	38.407	2.751	0.585	50.517	63.337	18.683	0.929	5.00	0.05
6	Maximin	2.579	2.004	3.440	0.869	0.000	0.028	0.608	0.354	1.175	103.721	0.837	0.702	41.763	42.734	16.652	0.917	4.75	0.04
0	Centroid	2.803	0.701	3.599	0.456	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	4.263	173.045	2.154	0.863	5.24	0.05
1	Centroid	3.324	0.530	3.948	0.311	0.009	-	1.037	-	3.967	82.443	2.887	0.686	2.900	76.475	1.811	0.781	5.28	0.04
2	Centroid	3.324	0.530	3.948	0.311	0.009	-	1.037	-	4.362	84.742	3.045	0.716	22.890	98.897	2.219	0.995	5.29	0.04
3	Centroid	3.397	1.249	3.995	0.564	0.009	-	1.037	-	4.283	80.770	2.991	0.716	24.500	107.542	2.772	0.994	5.29	0.04
4	Centroid	3.096	1.538	3.798	0.827	0.009	-	1.037	-	4.666	97.132	3.434	0.677	33.054	49.005	4.161	0.992	5.31	0.04
5	Centroid	3.366	1.606	3.974	0.829	0.000	-1.000	1.037	-	3.244	166.189	1.689	0.854	41.608	37.615	6.888	0.986	5.24	0.04
6	Centroid	3.197	0.772	3.865	0.458	0.000	0.046	0.514	0.426	1.920	92.671	0.992	0.856	13.755	40.167	4.307	0.950	4.92	0.03
0	Hurwicz	2.144	0.430	3.112	0.336	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	3.901	166.825	2.913	0.665	4.96	0.05
1	Hurwicz	2.364	0.469	3.281	0.341	0.009	-	1.037	-	3.320	89.006	2.531	0.647	2.836	92.719	1.987	0.714	5.03	0.05
2	Hurwicz	2.364	0.469	3.281	0.341	0.009	-	1.037	-	3.825	90.146	2.707	0.707	32.061	102.562	3.495	0.994	5.04	0.05
3	Hurwicz	2.414	0.782	3.319	0.466	0.009	-	1.037	-	3.899	86.387	2.726	0.715	23.615	99.418	3.355	0.990	5.04	0.05
4	Hurwicz	2.378	1.681	3.292	0.903	0.009	-	1.037	-	3.846	88.920	2.864	0.667	30.566	83.141	5.811	0.982	5.04	0.05
5	Hurwicz	2.428	6.294	3.329	1.807	0.000	0.056	1.037	-	4.887	68.745	2.966	0.795	26.862	81.317	4.127	0.988	4.99	0.05
6	Hurwicz	2.462	6.159	3.354	1.759	0.000	0.063	0.596	0.501	1.418	100.305	1.201	0.532	35.720	113.561	5.981	0.986	4.72	0.04
0	SAW	2.218	0.428	3.169	0.326	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	5.808	173.058	2.199	0.926	4.99	0.06
1	SAW	2.494	0.512	3.378	0.361	0.009	-	1.037	-	3.665	76.302	2.689	0.679	3.455	68.576	2.535	0.679	5.04	0.05
2	SAW	2.494	0.512	3.378	0.361	0.009	-	1.037	-	4.729	78.782	2.903	0.789	38.369	107.554	7.606	0.980	5.05	0.05
3	SAW	2.531	2.107	3.405	0.978	0.009	-	1.037	-	4.510	72.291	2.881	0.769	56.839	124.227	18.846	0.943	5.04	0.05
4	SAW	2.374	1.807	3.289	0.945	0.009	-	1.037	-	4.364	88.429	3.107	0.702	49.716	121.900	21.810	0.899	5.07	0.05
5	SAW	2.442	6.721	3.340	1.920	0.000	-1.000	1.037	-	3.009	151.384	-	-	39.179	88.884	4.577	0.993	5.00	0.05
6	SAW	2.594	8.676	3.451	2.337	0.000	0.054	0.593	0.400	1.535	86.322	1.429	0.364	58.791	47.243	25.861	0.898	4.73	0.04
0	WPM	2.218	0.376	3.169	0.284	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	4.757	171.752	2.315	0.874	4.99	0.06
1	WPM	2.494	0.485	3.378	0.343	0.009	-	1.037	-	3.665	76.302	2.689	0.679	4.091	80.391	2.963	0.690	5.04	0.05
2	WPM	2.494	0.485	3.378	0.343	0.009	-	1.037	-	4.729	78.782	2.903	0.789	44.470	160.817	37.121	0.551	5.05	0.05
3	WPM	2.531	2.662	3.405	1.102	0.009	-	1.037	-	4.510	72.291	2.881	0.769	55.972	124.340	21.194	0.926	5.04	0.05
4	WPM	2.374	5.561	3.289	1.614	0.009	-	1.037	-	4.364	88.429	3.107	0.702	41.148	138.374	15.946	0.922	5.07	0.05
5	WPM	2.442	1.135	3.340	0.725	0.000	-1.000	1.037	-	3.009	151.384	-	-	38.359	36.059	6.272	0.987	5.00	0.05
6	WPM	2.594	3.142	3.451	1.149	0.000	0.054	0.593	0.400	1.535	86.322	1.429	0.364	38.029	143.170	7.658	0.980	4.73	0.04
0	TOPSIS	2.218	0.447	3.169	0.336	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	5.297	173.579	2.156	0.913	4.99	0.06
1	TOPSIS	2.494	0.526	3.378	0.378	0.009	-	1.037	-	3.665	76.302	2.689	0.679	3.988	60.330	2.682	0.740	5.04	0.05
2	TOPSIS	2.494	0.526	3.378	0.378	0.009	-	1.037	-	4.729	78.782	2.903	0.789	25.077	104.238	4.226	0.986	5.05	0.05
3	TOPSIS	2.531	1.226	3.405	0.673	0.009	-	1.037	-	4.510	72.291	2.881	0.769	40.518	106.046	7.715	0.982	5.04	0.05
4	TOPSIS	2.374	1.399	3.289	0.839	0.009	-	1.037	-	4.364	88.429	3.107	0.702	37.163	89.062	7.237	0.981	5.07	0.05
5	TOPSIS	2.442	5.890	3.340	1.733	0.000	-1.000	1.037	-	3.009	151.384	-	-	31.110	87.224	3.500	0.994	5.00	0.05
6	TOPSIS	2.594	9.640	3.451	2.546	0.000	0.054	0.593	0.400	1.535	86.322	1.429	0.364	17.761	86.649	3.876	0.976	4.73	0.04

Tabella C. 16

1891 Valle d'Ilasi – membership: tipo 3, unite																			
MB	MD	LEN	LEN BST	WID	WID BST	AAT	AAT ERH	BAT	BAT ERH	E2 AXMX	E2 AZMX	E2 AXMI	E2 ECC	E2 BAXMX	E2 BAZMX	E2 BAXMI	E2 BECC	MM	MM ERH
0	Cfti3	10.535	1.499	7.380	0.563	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	2.006	21.466	1.748	0.491	5.53	0.03
1	Cfti3	7.898	0.659	6.312	0.274	0.009	-	1.037	-	2.064	126.237	1.943	0.337	2.064	60.154	1.896	0.395	5.48	0.03
2	Cfti3	7.898	0.659	6.312	0.274	0.009	-	1.037	-	2.167	99.866	2.043	0.332	4.292	38.167	3.008	0.713	5.49	0.03
3	Cfti3	7.982	0.698	6.349	0.286	0.009	-	1.037	-	2.142	106.779	2.003	0.354	4.277	54.621	3.147	0.677	5.49	0.03
4	Cfti3	7.184	3.365	5.996	1.336	0.009	-	1.037	-	2.515	32.316	2.332	0.374	5.487	10.988	3.025	0.834	5.47	0.03
5	Cfti3	12.222	2.158	7.999	0.822	0.000	0.003	1.037	-	1.481	136.608	1.196	0.589	2.004	34.659	1.428	0.702	5.41	0.02
6	Cfti3	9.618	1.357	7.024	0.518	0.000	0.005	0.859	0.166	1.614	86.465	1.376	0.522	1.997	47.640	1.390	0.718	5.26	0.02
0	Maximin	13.977	1.091	8.603	0.393	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	2.854	11.712	1.270	0.896	5.71	0.03
1	Maximin	10.440	0.896	7.344	0.317	0.009	-	1.037	-	2.778	170.169	2.364	0.525	5.333	0.070	2.291	0.903	5.62	0.03
2	Maximin	10.440	0.896	7.344	0.317	0.009	-	1.037	-	3.227	9.263	2.803	0.496	8.434	179.561	4.095	0.874	5.63	0.03
3	Maximin	10.570	0.929	7.393	0.323	0.009	-	1.037	-	2.945	176.141	2.559	0.495	8.641	178.566	4.125	0.879	5.63	0.03
4	Maximin	6.028	3.317	5.452	1.216	0.009	-	1.037	-	6.254	158.946	5.300	0.531	5.718	179.884	3.983	0.718	5.87	0.05
5	Maximin	14.669	2.117	8.831	0.699	0.000	0.002	1.037	-	1.499	160.228	1.236	0.565	2.225	6.333	1.150	0.856	5.52	0.02
6	Maximin	10.962	1.722	7.540	0.581	0.000	0.003	0.824	0.136	1.472	72.535	1.426	0.249	2.099	174.623	1.189	0.824	5.31	0.02
0	Centroid	11.631	1.546	7.787	0.532	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	2.712	3.636	1.156	0.905	5.75	0.03
1	Centroid	10.718	1.155	7.449	0.387	0.009	-	1.037	-	3.121	168.202	2.516	0.592	6.706	166.019	2.877	0.903	5.73	0.03
2	Centroid	10.718	1.155	7.449	0.387	0.009	-	1.037	-	3.562	176.040	2.723	0.645	12.044	163.656	4.852	0.915	5.73	0.03
3	Centroid	10.816	1.228	7.486	0.402	0.009	-	1.037	-	3.270	172.357	2.592	0.610	11.981	164.044	4.727	0.919	5.74	0.03
4	Centroid	6.567	1.773	5.711	0.702	0.009	-	1.037	-	8.277	131.990	7.572	0.404	6.673	126.031	5.418	0.584	6.02	0.04
5	Centroid	10.208	4.117	7.255	1.377	0.000	-1.000	1.037	-	2.229	107.670	1.767	0.609	3.850	172.427	2.188	0.823	5.56	0.03
6	Centroid	10.297	1.970	7.289	0.671	0.000	0.005	0.704	0.172	1.928	2.679	1.685	0.486	2.465	175.640	1.091	0.897	5.31	0.02
0	Hurwicz	13.973	0.983	8.601	0.350	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	2.839	17.950	1.255	0.897	5.70	0.03
1	Hurwicz	10.388	0.888	7.324	0.315	0.009	-	1.037	-	2.768	173.113	2.490	0.437	5.516	0.268	2.527	0.889	5.62	0.03
2	Hurwicz	10.388	0.888	7.324	0.315	0.009	-	1.037	-	3.335	34.942	3.001	0.436	8.659	2.755	4.423	0.860	5.63	0.03
3	Hurwicz	10.525	0.890	7.376	0.310	0.009	-	1.037	-	2.942	8.333	2.751	0.354	8.584	1.376	4.097	0.879	5.62	0.03
4	Hurwicz	5.922	2.683	5.400	1.022	0.009	-	1.037	-	6.540	155.842	5.568	0.525	6.033	2.959	3.814	0.775	5.88	0.05
5	Hurwicz	14.616	2.373	8.814	0.785	0.000	0.002	1.037	-	1.503	159.757	1.273	0.532	2.504	0.950	1.333	0.846	5.52	0.02
6	Hurwicz	11.003	1.666	7.556	0.562	0.000	0.003	0.819	0.138	1.555	66.782	1.438	0.381	2.254	169.082	1.225	0.839	5.30	0.02
0	SAW	9.239	2.156	6.873	0.788	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	3.348	12.894	1.268	0.926	5.58	0.03
1	SAW	8.824	1.295	6.703	0.485	0.009	-	1.037	-	2.391	164.150	1.906	0.604	3.886	0.613	2.362	0.794	5.56	0.03
2	SAW	8.824	1.295	6.703	0.485	0.009	-	1.037	-	2.479	165.484	2.035	0.571	5.310	12.325	3.204	0.798	5.57	0.03
3	SAW	8.896	1.300	6.733	0.483	0.009	-	1.037	-	2.445	164.255	1.967	0.594	5.362	11.186	3.147	0.810	5.57	0.03
4	SAW	7.143	3.981	5.977	1.431	0.009	-	1.037	-	3.178	29.801	2.698	0.529	3.895	23.746	2.765	0.704	5.57	0.03
5	SAW	10.165	3.583	7.238	1.252	0.000	0.003	1.037	-	1.985	161.626	1.375	0.721	3.309	6.302	1.967	0.804	5.48	0.02
6	SAW	10.452	2.338	7.348	0.803	0.000	0.006	0.841	0.177	1.742	171.737	1.372	0.616	3.404	179.802	1.288	0.926	5.33	0.02
0	WPM	9.381	2.142	6.930	0.780	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	3.435	11.004	1.240	0.933	5.57	0.03
1	WPM	8.879	1.356	6.726	0.511	0.009	-	1.037	-	2.240	167.961	2.002	0.449	2.798	169.901	1.819	0.760	5.55	0.03
2	WPM	8.879	1.356	6.726	0.511	0.009	-	1.037	-	2.343	179.293	2.156	0.392	4.101	5.157	2.583	0.777	5.55	0.03
3	WPM	8.985	1.350	6.769	0.504	0.009	-	1.037	-	2.310	172.427	2.095	0.421	4.169	2.823	2.531	0.795	5.56	0.03
4	WPM	8.272	4.130	6.473	1.445	0.009	-	1.037	-	2.669	31.236	2.326	0.491	3.578	10.671	2.468	0.724	5.54	0.03
5	WPM	13.817	2.694	8.549	0.899	0.000	0.003	1.037	-	1.935	168.689	1.191	0.788	2.652	172.153	1.400	0.849	5.51	0.02
6	WPM	11.119	2.336	7.599	0.776	0.000	0.007	0.887	0.189	1.840	172.751	1.424	0.634	2.655	169.635	1.111	0.908	5.36	0.02
0	TOPSIS	9.315	2.156	6.903	0.787	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	3.550	12.646	1.301	0.930	5.59	0.03
1	TOPSIS	8.944	1.294	6.753	0.478	0.009	-	1.037	-	2.400	162.059	1.916	0.602	4.129	1.259	2.224	0.843	5.57	0.03
2	TOPSIS	8.944	1.294	6.753	0.478	0.009	-	1.037	-	2.478	161.894	2.050	0.562	5.961	14.506	3.562	0.802	5.57	0.03
3	TOPSIS	9.017	1.309	6.783	0.479	0.009	-	1.037	-	2.450	160.946	1.981	0.588	5.947	13.311	3.541	0.803	5.58	0.03
4	TOPSIS	7.371	3.529	6.080	1.272	0.009	-	1.037	-	3.066	31.806	2.641	0.508	4.435	18.535	3.065	0.723	5.58	0.03
5	TOPSIS	10.310	3.586	7.294	1.241	0.000	0.003	1.037	-	2.033	159.043	1.373	0.738	3.660	5.653	1.939	0.848	5.49	0.02
6	TOPSIS	10.760	2.404	7.465	0.813	0.000	0.006	0.854	0.180	1.789	164.846	1.365	0.647	3.538	1.188	1.449	0.912	5.35	0.02

Tabella C. 18

1915 Marsica – membership: tipo 3, unite

MB	MD	LAT	LAT ERH	LAT BST	LON	LON ERH	LON BST	DEP	DEP ERH	DEP BST	ME	ME ERH	ME BST	NT	NA	NBS	AZI	AZI ERH	AZI BST	Rayleigh	Kuiper	I
0	Cft3	41.986	4.793	1.775	13.648	2.909	4.295	-	-	-	7.05	0.06	0.02	569	39	600	122	15	18	<0.01	<0.01	11
1	Cft3	41.996	1.494	1.285	13.585	1.476	1.565	3.910	-	-	6.85	0.11	0.03	569	39	600	116	12	12	<0.01	<0.01	10.3
2	Cft3	41.996	1.474	1.289	13.581	1.516	1.707	3.758	0.155	0.047	6.85	0.11	0.03	569	39	600	116	12	12	<0.01	<0.01	10.3
3	Cft3	41.996	1.483	1.295	13.582	1.523	1.712	3.910	-	-	6.84	0.11	0.03	569	39	600	116	12	12	<0.01	<0.01	10.3
4	Cft3	41.995	1.398	1.270	13.586	1.436	1.725	1.000	2.261	0.205	7.26	0.08	0.04	569	39	600	116	12	12	<0.01	<0.01	11.7
5	Cft3	41.999	1.334	1.241	13.584	1.274	1.402	1.000	4.515	1.177	7.34	0.10	0.14	569	39	600	117	12	12	<0.01	<0.01	12
6	Cft3	41.995	1.442	1.579	13.575	1.291	1.304	8.074	5.627	5.506	6.90	0.09	0.34	569	39	600	116	12	13	<0.01	<0.01	10.5
0	Maximin	42.026	4.227	3.098	13.472	12.379	4.799	-	-	-	7.09	0.07	0.11	569	31	600	126	12	22	<0.01	<0.01	11
1	Maximin	41.993	1.563	1.843	13.539	1.578	1.587	3.910	-	-	6.90	0.11	0.05	569	31	600	121	14	19	<0.01	<0.01	10.3
2	Maximin	41.993	1.589	1.865	13.542	1.615	1.640	4.037	0.162	0.046	6.90	0.11	0.05	569	31	600	121	14	19	<0.01	<0.01	10.3
3	Maximin	41.993	1.577	1.870	13.543	1.619	1.651	3.910	-	-	6.91	0.11	0.05	569	31	600	121	14	19	<0.01	<0.01	10.4
4	Maximin	41.994	1.613	1.814	13.543	1.649	1.643	3.422	3.290	2.241	6.94	0.11	0.25	569	31	600	121	14	19	<0.01	<0.01	10.5
5	Maximin	41.995	1.725	1.976	13.543	1.536	1.472	7.363	3.281	3.900	6.78	0.15	0.26	569	31	600	121	14	19	<0.01	<0.01	9.9
6	Maximin	41.997	2.048	2.234	13.538	1.558	1.495	21.092	11.093	9.213	6.65	0.18	0.25	569	3	600	107	12	21	<0.01	<0.025	9.4
0	Centroid	42.007	19.414	2.950	13.526	19.552	5.309	-	-	-	6.94	0.10	0.06	569	39	600	123	11	15	<0.01	<0.01	10.5
1	Centroid	41.991	1.689	1.568	13.562	1.604	1.412	3.910	-	-	6.94	0.11	0.03	569	39	600	121	13	14	<0.01	<0.01	10.5
2	Centroid	41.990	1.710	1.581	13.563	1.633	1.457	3.984	0.166	0.037	6.94	0.11	0.03	569	39	600	121	13	14	<0.01	<0.01	10.5
3	Centroid	41.990	1.703	1.580	13.563	1.637	1.462	3.910	-	-	6.94	0.10	0.03	569	39	600	121	13	14	<0.01	<0.01	10.5
4	Centroid	41.989	1.877	1.722	13.558	1.772	1.504	6.931	3.280	3.525	6.80	0.17	0.20	569	20	600	116	11	14	<0.01	<0.01	9.9
5	Centroid	41.989	1.850	1.725	13.559	1.790	1.554	6.145	3.666	3.692	6.83	0.16	0.22	569	20	600	116	11	14	<0.01	<0.01	10
6	Centroid	41.984	2.030	1.883	13.552	1.786	1.635	14.171	9.458	7.489	6.73	0.21	0.25	569	20	600	116	12	16	<0.01	<0.01	9.6
0	Hurwicz	42.026	4.227	3.090	13.472	12.379	5.097	-	-	-	7.09	0.07	0.11	569	31	600	126	12	23	<0.01	<0.01	11
1	Hurwicz	41.994	1.562	1.671	13.541	1.573	1.542	3.910	-	-	6.90	0.11	0.06	569	31	600	121	14	18	<0.01	<0.01	10.3
2	Hurwicz	41.994	1.589	1.703	13.545	1.607	1.582	4.041	0.162	0.044	6.90	0.11	0.06	569	31	600	121	14	18	<0.01	<0.01	10.3
3	Hurwicz	41.994	1.578	1.699	13.545	1.611	1.592	3.910	-	-	6.91	0.11	0.05	569	31	600	121	14	18	<0.01	<0.01	10.4
4	Hurwicz	41.995	1.594	1.724	13.546	1.639	1.590	3.464	3.148	2.306	6.95	0.10	0.25	569	31	600	121	14	18	<0.01	<0.01	10.5
5	Hurwicz	41.997	1.761	2.020	13.545	1.543	1.438	7.849	3.390	3.958	6.77	0.15	0.24	569	31	600	121	14	20	<0.01	<0.01	9.8
6	Hurwicz	42.001	2.114	2.317	13.540	1.587	1.479	23.102	12.305	9.916	6.64	0.19	0.25	569	3	600	107	10	22	<0.01	<0.025	9.3
0	SAW	41.989	18.094	2.661	13.513	16.975	2.902	-	-	-	6.80	0.14	0.01	569	36	600	130	21	38	<0.01	<0.01	10
1	SAW	41.995	1.568	1.412	13.540	1.481	1.242	3.910	-	-	6.92	0.11	0.03	569	35	600	126	22	24	<0.01	<0.01	10.4
2	SAW	41.995	1.576	1.424	13.541	1.513	1.284	3.953	0.159	0.030	6.92	0.11	0.03	569	35	600	126	22	24	<0.01	<0.01	10.4
3	SAW	41.995	1.574	1.422	13.541	1.515	1.286	3.910	-	-	6.92	0.11	0.03	569	35	600	126	22	24	<0.01	<0.01	10.4
4	SAW	41.997	1.347	1.395	13.543	1.484	1.259	1.000	-	1.214	7.32	0.06	0.17	569	97	600	135	14	20	<0.01	<0.01	11.8
5	SAW	42.001	1.759	1.872	13.540	1.471	1.253	9.097	3.862	3.764	6.77	0.15	0.17	569	36	600	126	21	22	<0.01	<0.01	9.9
6	SAW	42.001	1.803	1.927	13.540	1.515	1.352	10.435	10.029	9.728	6.75	0.15	0.22	569	36	600	126	20	22	<0.01	<0.01	9.8
0	WPM	41.994	18.940	2.753	13.511	17.623	4.456	-	-	-	6.81	0.13	0.13	569	33	600	126	18	30	<0.01	<0.01	10
1	WPM	41.994	1.538	1.432	13.545	1.458	1.272	3.910	-	-	6.92	0.10	0.04	569	33	600	123	20	29	<0.01	<0.01	10.4
2	WPM	41.994	1.548	1.444	13.547	1.488	1.310	3.967	0.157	0.032	6.92	0.10	0.04	569	33	600	123	20	29	<0.01	<0.01	10.4
3	WPM	41.994	1.545	1.442	13.547	1.491	1.316	3.910	-	-	6.92	0.10	0.04	569	33	600	123	20	29	<0.01	<0.01	10.4
4	WPM	41.996	1.422	1.420	13.550	1.489	1.332	1.000	7.925	1.273	7.35	0.05	0.17	569	33	600	123	19	29	<0.01	<0.01	11.8
5	WPM	41.998	1.646	1.749	13.546	1.431	1.279	7.173	3.770	3.757	6.82	0.12	0.24	569	33	600	123	19	27	<0.01	<0.01	10
6	WPM	41.998	1.784	1.944	13.544	1.486	1.348	10.884	9.481	9.070	6.76	0.14	0.27	569	33	600	123	19	28	<0.01	<0.01	9.8
0	TOPSIS	41.993	18.124	2.787	13.500	16.765	4.058	-	-	-	7.13	0.07	0.14	569	35	600	127	18	31	<0.01	<0.01	11
1	TOPSIS	41.993	1.560	1.581	13.547	1.488	1.387	3.910	-	-	6.93	0.11	0.05	569	35	600	122	19	27	<0.01	<0.01	10.4
2	TOPSIS	41.993	1.574	1.594	13.549	1.517	1.426	3.987	0.159	0.034	6.93	0.11	0.05	569	35	600	122	19	27	<0.01	<0.01	10.4
3	TOPSIS	41.993	1.570	1.592	13.549	1.519	1.430	3.910	-	-	6.94	0.10	0.05	569	35	600	122	19	27	<0.01	<0.01	10.4
4	TOPSIS	41.995	1.456	1.549	13.552	1.509	1.445	1.000	8.222	1.053	7.36	0.04	0.16	569	35	600	122	19	28	<0.01	<0.01	11.9
5	TOPSIS	41.997	1.603	1.832	13.552	1.428	1.301	5.932	3.638	3.371	6.89	0.12	0.25	569	35	600	122	19	26	<0.01	<0.01	10.2
6	TOPSIS	41.999	1.969	2.170	13.546	1.510	1.421	17.812	12.093	9.939	6.72	0.17	0.25	569	35	600	122	18	28	<0.01	<0.01	9.6

Tabella C. 19

1915 Marsica – membership: tipo 3, unite																			
MB	MD	LEN	LEN BST	WID	WID BST	AAT	AAT ERH	BAT	BAT ERH	E2 AXMX	E2 AZMX	E2 AXMI	E2 ECC	E2 BAXMX	E2 BAZMX	E2 BAXMI	E2 BECC	MM	MM ERH
0	Cfti3	52.098	1.646	17.561	0.303	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	6.804	107.611	1.816	0.964	6.58	0.02
1	Cfti3	40.176	1.745	15.252	0.352	0.009	-	1.037	-	2.375	138.133	2.118	0.453	2.697	124.568	1.462	0.840	6.57	0.02
2	Cfti3	40.176	1.745	15.252	0.352	0.009	-	1.037	-	2.406	128.763	2.115	0.477	2.887	121.080	1.475	0.860	6.57	0.02
3	Cfti3	39.638	1.740	15.141	0.353	0.009	-	1.037	-	2.414	128.756	2.132	0.470	2.891	121.050	1.490	0.857	6.57	0.02
4	Cfti3	69.850	3.306	20.588	0.543	0.009	-	1.037	-	2.361	131.260	1.910	0.588	2.950	121.482	1.352	0.889	6.56	0.02
5	Cfti3	77.457	11.705	21.775	1.975	0.013	0.001	1.037	-	2.135	142.913	1.804	0.535	2.473	128.246	1.390	0.827	6.67	0.02
6	Cfti3	42.642	35.149	15.753	5.285	0.005	0.004	1.651	0.377	2.194	168.827	1.946	0.462	2.585	149.603	1.717	0.748	7.14	0.02
0	Maximin	55.215	7.203	18.123	1.387	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	7.992	117.174	3.318	0.910	6.58	0.02
1	Maximin	42.656	3.310	15.756	0.640	0.009	-	1.037	-	2.427	127.938	2.331	0.278	2.944	151.228	2.216	0.658	6.59	0.02
2	Maximin	42.656	3.310	15.756	0.640	0.009	-	1.037	-	2.491	126.208	2.361	0.318	2.998	149.079	2.273	0.652	6.59	0.02
3	Maximin	43.218	3.325	15.868	0.640	0.009	-	1.037	-	2.491	121.589	2.350	0.332	3.009	148.762	2.286	0.650	6.59	0.02
4	Maximin	44.909	18.562	16.202	3.278	0.009	-	1.037	-	2.500	96.482	2.443	0.213	2.925	146.919	2.280	0.627	6.59	0.02
5	Maximin	36.370	18.900	14.451	3.370	0.012	0.001	1.037	-	2.619	7.678	2.322	0.462	3.036	166.369	2.174	0.698	6.69	0.02
6	Maximin	30.362	18.394	13.103	3.208	0.002	0.008	2.067	0.948	3.118	8.502	2.341	0.661	3.387	177.073	2.262	0.744	7.63	0.02
0	Centroid	45.336	3.891	16.285	0.732	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	8.758	114.677	2.829	0.946	6.65	0.02
1	Centroid	45.133	1.817	16.246	0.340	0.009	-	1.037	-	2.661	146.115	2.320	0.490	2.641	143.273	1.802	0.731	6.65	0.02
2	Centroid	45.133	1.817	16.246	0.340	0.009	-	1.037	-	2.702	144.716	2.352	0.492	2.681	141.665	1.851	0.723	6.65	0.02
3	Centroid	45.397	1.828	16.297	0.342	0.009	-	1.037	-	2.700	143.308	2.349	0.493	2.686	141.290	1.850	0.725	6.65	0.02
4	Centroid	37.573	15.538	14.708	2.729	0.009	-	1.037	-	2.847	171.919	2.682	0.335	2.832	146.814	1.995	0.710	6.66	0.02
5	Centroid	38.687	16.919	14.943	2.972	0.008	0.001	1.037	-	2.819	158.549	2.696	0.292	2.903	143.363	1.987	0.729	6.64	0.02
6	Centroid	33.949	19.089	13.921	3.309	0.002	0.006	1.569	0.638	3.077	4.443	2.703	0.478	3.020	150.165	2.272	0.659	7.10	0.02
0	Hurwicz	55.184	7.007	18.118	1.348	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	8.481	116.389	3.101	0.931	6.58	0.02
1	Hurwicz	42.817	3.520	15.788	0.673	0.009	-	1.037	-	2.439	131.399	2.309	0.321	2.776	142.773	2.040	0.678	6.59	0.02
2	Hurwicz	42.817	3.520	15.788	0.673	0.009	-	1.037	-	2.499	129.970	2.342	0.349	2.827	142.364	2.099	0.670	6.59	0.02
3	Hurwicz	43.393	3.547	15.903	0.674	0.009	-	1.037	-	2.498	126.133	2.331	0.360	2.830	141.543	2.105	0.669	6.59	0.02
4	Hurwicz	45.568	18.740	16.331	3.296	0.009	-	1.037	-	2.498	113.117	2.400	0.278	2.851	143.130	2.121	0.668	6.59	0.02
5	Hurwicz	35.798	17.703	14.327	3.158	0.012	0.001	1.037	-	2.671	5.892	2.334	0.487	3.104	166.878	2.117	0.731	6.69	0.02
6	Hurwicz	29.889	18.217	12.992	3.203	0.001	0.009	2.183	1.098	3.221	8.919	2.381	0.674	3.522	174.167	2.223	0.776	7.76	0.02
0	SAW	37.578	0.700	14.709	0.148	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	5.060	129.320	3.162	0.781	6.61	0.02
1	SAW	43.800	2.124	15.984	0.411	0.009	-	1.037	-	2.377	5.837	2.242	0.333	2.263	149.665	1.733	0.643	6.62	0.02
2	SAW	43.800	2.124	15.984	0.411	0.009	-	1.037	-	2.389	7.450	2.290	0.285	2.289	147.598	1.788	0.624	6.62	0.02
3	SAW	44.025	2.151	16.028	0.415	0.009	-	1.037	-	2.386	8.387	2.293	0.276	2.288	147.352	1.791	0.622	6.62	0.02
4	SAW	76.163	14.545	21.577	2.433	0.009	-	1.037	-	2.259	102.674	2.030	0.439	2.227	148.643	1.775	0.604	6.61	0.02
5	SAW	35.593	12.553	14.283	2.221	0.014	0.001	1.037	-	2.680	10.723	2.210	0.565	2.866	169.177	1.854	0.763	6.78	0.02
6	SAW	34.712	15.618	14.090	2.837	0.013	0.006	1.113	0.538	2.740	7.769	2.287	0.551	2.947	169.227	2.009	0.732	6.84	0.02
0	WPM	37.945	8.430	14.787	1.613	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	7.034	109.178	3.677	0.852	6.60	0.02
1	WPM	43.838	2.386	15.991	0.458	0.009	-	1.037	-	2.333	9.421	2.206	0.326	2.209	158.973	1.882	0.524	6.61	0.02
2	WPM	43.838	2.386	15.991	0.458	0.009	-	1.037	-	2.349	12.100	2.251	0.286	2.231	156.930	1.937	0.496	6.61	0.02
3	WPM	44.128	2.405	16.049	0.460	0.009	-	1.037	-	2.345	12.922	2.255	0.275	2.230	156.078	1.944	0.490	6.61	0.02
4	WPM	78.872	14.686	21.990	2.456	0.009	-	1.037	-	2.256	88.476	2.154	0.297	2.204	151.604	1.961	0.456	6.61	0.02
5	WPM	38.591	19.325	14.923	3.305	0.013	0.001	1.037	-	2.506	11.082	2.154	0.511	2.661	172.487	1.923	0.691	6.74	0.02
6	WPM	35.487	21.610	14.259	3.696	0.011	0.006	1.257	0.554	2.705	3.220	2.250	0.555	2.959	172.566	2.023	0.730	6.93	0.02
0	TOPSIS	58.227	8.716	18.653	1.663	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	6.447	111.713	3.750	0.813	6.61	0.02
1	TOPSIS	44.818	3.062	16.184	0.579	0.009	-	1.037	-	2.363	176.815	2.254	0.300	2.570	147.797	1.883	0.681	6.62	0.02
2	TOPSIS	44.818	3.062	16.184	0.579	0.009	-	1.037	-	2.385	174.886	2.298	0.268	2.605	146.112	1.926	0.673	6.62	0.02
3	TOPSIS	45.212	3.074	16.261	0.579	0.009	-	1.037	-	2.380	173.495	2.300	0.256	2.606	145.704	1.929	0.673	6.62	0.02
4	TOPSIS	80.301	13.537	22.205	2.250	0.009	-	1.037	-	2.301	111.126	2.191	0.305	2.569	142.181	1.924	0.663	6.62	0.02
5	TOPSIS	42.220	20.252	15.669	3.450	0.013	0.001	1.037	-	2.442	12.778	2.148	0.476	2.827	165.146	1.896	0.742	6.73	0.02
6	TOPSIS	33.539	19.019	13.829	3.327	0.005	0.008	1.815	0.921	2.987	3.898	2.285	0.644	3.316	170.177	2.109	0.772	7.43	0.02

Tabella C. 20

1918 Santa Sofia – membership: tipo 3, unite																						
MB	MD	LAT	LAT ERH	LAT BST	LON	LON ERH	LON BST	DEP	DEP ERH	DEP BST	ME	ME ERH	ME BST	NT	NA	NBS	AZI	AZI ERH	AZI BST	Rayleigh	Kuiper	I
0	Cft3	43.917	5.618	3.463	11.933	3.103	2.289	-	-	-	5.87	0.12	0.08	59	3	150	151	2	32	<0.01	<0.025	9
1	Cft3	43.889	1.743	2.089	11.962	1.819	1.409	3.910	-	-	5.65	0.20	0.15	59	6	150	153	13	29	<0.01	<0.01	8.1
2	Cft3	43.888	1.790	2.190	11.964	1.966	1.577	4.007	0.414	0.178	5.65	0.20	0.15	59	6	150	154	13	27	<0.01	<0.01	8.1
3	Cft3	43.887	1.804	2.159	11.967	2.030	1.605	3.910	-	-	5.66	0.20	0.15	59	6	150	154	13	28	<0.01	<0.01	8.2
4	Cft3	43.891	1.509	2.133	11.953	1.714	2.089	1.000	2.730	0.400	6.02	0.08	0.15	59	6	150	153	15	29	<0.01	<0.01	9.5
5	Cft3	43.887	1.607	1.853	11.955	3.102	2.568	2.056	3.764	1.000	5.88	0.12	0.20	59	3	150	151	2	33	<0.01	<0.025	9
6	Cft3	43.881	1.520	1.714	11.975	3.095	3.239	6.340	3.498	2.880	5.77	0.16	0.37	59	6	150	155	13	43	<0.01	<0.01	8.6
0	Maximin	43.890	8.754	3.385	11.958	4.730	1.612	-	-	-	5.93	0.06	0.04	59	11	150	161	13	26	<0.01	<0.01	9
1	Maximin	43.860	1.897	2.246	11.959	1.932	1.410	3.910	-	-	5.75	0.04	0.11	59	11	150	163	18	21	<0.01	<0.01	8.3
2	Maximin	43.861	1.931	2.385	11.958	1.982	1.491	3.868	0.431	0.166	5.75	0.04	0.11	59	11	150	163	18	22	<0.01	<0.01	8.3
3	Maximin	43.859	1.953	2.372	11.960	2.044	1.524	3.910	-	-	5.76	0.04	0.11	59	11	150	164	18	21	<0.01	<0.01	8.4
4	Maximin	43.858	1.725	2.409	11.953	1.603	1.635	1.000	2.371	0.064	6.14	0.09	0.11	59	11	150	164	19	20	<0.01	<0.01	9.7
5	Maximin	43.858	1.736	2.188	11.948	1.751	1.841	1.000	3.698	0.455	6.19	0.07	0.13	59	11	150	163	21	21	<0.01	<0.01	9.9
6	Maximin	43.859	1.757	2.079	11.948	2.350	2.552	4.308	3.292	1.807	5.96	0.07	0.34	59	11	150	163	21	34	<0.01	<0.01	9.1
0	Centroid	43.917	5.618	3.736	11.933	3.103	1.681	-	-	-	5.98	0.13	0.07	59	11	150	155	12	27	<0.01	<0.01	9
1	Centroid	43.845	2.146	2.364	11.945	2.278	2.063	3.910	-	-	5.86	0.16	0.14	59	11	150	168	24	38	<0.01	<0.01	8.5
2	Centroid	43.841	2.341	2.532	11.949	2.495	2.084	4.215	0.496	0.250	5.86	0.16	0.14	59	7	150	165	25	39	<0.01	<0.01	8.5
3	Centroid	43.840	2.365	2.532	11.951	2.544	2.130	3.910	-	-	5.88	0.16	0.14	59	7	150	165	24	37	<0.01	<0.01	8.6
4	Centroid	43.844	2.689	2.795	11.947	2.436	2.259	2.333	2.404	0.827	6.00	0.12	0.18	59	11	150	168	22	37	<0.01	<0.01	9.1
5	Centroid	43.853	1.729	2.649	11.950	1.981	2.688	1.000	2.966	1.465	6.13	0.12	0.19	59	7	150	161	23	45	<0.01	<0.01	9.6
6	Centroid	43.835	2.322	2.613	11.938	3.201	3.117	5.604	4.222	2.835	5.94	0.14	0.36	59	11	150	173	27	51	<0.025	<0.01	8.8
0	Hurwicz	43.890	8.754	3.376	11.958	4.730	1.527	-	-	-	5.95	0.08	0.06	59	11	150	161	13	26	<0.01	<0.01	9
1	Hurwicz	43.859	2.012	2.148	11.955	2.105	1.591	3.910	-	-	5.78	0.06	0.12	59	11	150	163	19	31	<0.01	<0.01	8.4
2	Hurwicz	43.860	2.052	2.307	11.954	2.154	1.657	3.871	0.456	0.162	5.78	0.06	0.12	59	11	150	163	19	31	<0.01	<0.01	8.4
3	Hurwicz	43.858	2.074	2.309	11.957	2.216	1.700	3.910	-	-	5.79	0.06	0.12	59	11	150	164	19	30	<0.01	<0.01	8.4
4	Hurwicz	43.858	1.838	2.397	11.950	1.704	1.812	1.000	2.602	0.134	6.15	0.10	0.11	59	11	150	164	20	32	<0.01	<0.01	9.8
5	Hurwicz	43.858	1.879	2.239	11.945	1.827	2.173	1.000	4.275	0.750	6.20	0.09	0.14	59	11	150	163	22	37	<0.01	<0.01	10
6	Hurwicz	43.858	1.907	2.138	11.942	2.465	2.949	4.446	3.908	2.543	5.97	0.08	0.40	59	11	150	163	23	56	<0.01	<0.01	9.1
0	SAW	43.909	5.731	3.724	11.958	3.915	2.002	-	-	-	5.95	0.07	0.06	59	5	150	151	25	29	<0.01	<0.05	9
1	SAW	43.866	2.029	2.178	11.951	2.381	1.982	3.910	-	-	5.79	0.05	0.18	59	11	150	161	19	27	<0.01	<0.01	8.4
2	SAW	43.865	2.101	2.377	11.951	2.503	2.137	3.941	0.467	0.208	5.79	0.05	0.18	59	11	150	161	19	27	<0.01	<0.01	8.4
3	SAW	43.865	2.106	2.371	11.953	2.563	2.216	3.910	-	-	5.80	0.05	0.18	59	11	150	161	19	27	<0.01	<0.01	8.4
4	SAW	43.870	1.882	2.503	11.941	1.899	2.605	1.000	3.851	0.520	6.15	0.09	0.18	59	11	150	161	22	33	<0.01	<0.01	9.8
5	SAW	43.869	1.883	2.431	11.938	1.997	2.805	1.000	5.022	0.814	6.17	0.08	0.16	59	11	150	162	23	41	<0.01	<0.01	9.9
6	SAW	43.866	2.286	2.315	11.937	2.814	3.565	4.271	5.158	2.456	5.94	0.07	0.33	59	11	150	163	25	49	<0.01	<0.01	8.9
0	WPM	43.909	5.731	3.398	11.958	3.915	1.847	-	-	-	5.94	0.06	0.07	59	5	150	151	25	28	<0.01	<0.05	9
1	WPM	43.867	1.931	2.172	11.956	2.159	1.495	3.910	-	-	5.77	0.03	0.15	59	11	150	160	17	25	<0.01	<0.01	8.3
2	WPM	43.867	1.993	2.321	11.956	2.280	1.646	3.936	0.444	0.189	5.77	0.03	0.15	59	11	150	160	17	24	<0.01	<0.01	8.3
3	WPM	43.866	2.005	2.342	11.959	2.350	1.734	3.910	-	-	5.77	0.03	0.15	59	11	150	160	17	24	<0.01	<0.01	8.4
4	WPM	43.870	1.837	2.530	11.944	1.760	2.197	1.000	3.306	0.477	6.12	0.08	0.17	59	11	150	161	20	27	<0.01	<0.01	9.7
5	WPM	43.870	1.795	2.513	11.942	1.880	2.463	1.000	4.450	0.939	6.15	0.07	0.18	59	11	150	161	21	26	<0.01	<0.01	9.8
6	WPM	43.867	2.066	2.339	11.944	2.877	3.128	4.257	4.326	2.408	5.92	0.05	0.32	59	11	150	162	21	33	<0.01	<0.01	8.9
0	TOPSIS	43.909	5.731	3.563	11.958	3.915	1.851	-	-	-	5.96	0.09	0.08	59	5	150	151	25	28	<0.01	<0.05	9
1	TOPSIS	43.867	2.080	2.191	11.941	2.558	2.412	3.910	-	-	5.81	0.07	0.14	59	11	150	162	23	43	<0.01	<0.01	8.4
2	TOPSIS	43.866	2.141	2.316	11.941	2.624	2.470	3.912	0.474	0.166	5.81	0.07	0.14	59	11	150	162	23	43	<0.01	<0.01	8.4
3	TOPSIS	43.866	2.142	2.297	11.942	2.666	2.541	3.910	-	-	5.81	0.07	0.14	59	11	150	162	22	43	<0.01	<0.01	8.5
4	TOPSIS	43.871	1.880	2.435	11.935	1.987	2.737	1.000	3.653	0.617	6.14	0.07	0.17	59	11	150	162	24	45	<0.01	<0.01	9.8
5	TOPSIS	43.870	1.950	2.320	11.928	2.255	3.566	1.000	7.146	1.516	6.18	0.06	0.21	59	11	150	164	28	90	<0.025	<0.01	10
6	TOPSIS	43.862	2.573	2.272	11.914	4.838	4.373	5.920	7.678	3.514	5.90	0.08	0.45	59	11	150	173	43	86	uniform	<0.01	8.8

Tabella C. 21

1918 Santa Sofia – membership: tipo 3, unite																			
MB	MD	LEN	LEN BST	WID	WID BST	AAT	AAT ERH	BAT	BAT ERH	E2 AXMX	E2 AZMX	E2 AXMI	E2 ECC	E2 BAXMX	E2 BAZMX	E2 BAXMI	E2 BECC	MM	MM ERH
0	Cfti3	10.571	1.064	7.393	0.426	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	6.178	147.475	1.182	0.982	5.67	0.04
1	Cfti3	7.784	1.790	6.263	0.727	0.009	-	1.037	-	2.845	123.716	2.546	0.446	3.568	150.044	1.357	0.925	5.69	0.04
2	Cfti3	7.784	1.790	6.263	0.727	0.009	-	1.037	-	3.093	119.258	2.581	0.551	3.836	147.299	1.414	0.930	5.70	0.04
3	Cfti3	7.944	1.823	6.332	0.733	0.009	-	1.037	-	3.172	115.763	2.620	0.564	3.803	146.452	1.469	0.922	5.70	0.04
4	Cfti3	12.968	2.668	8.260	0.902	0.009	-	1.037	-	2.777	58.016	2.064	0.669	4.189	135.826	1.705	0.913	5.67	0.04
5	Cfti3	10.661	3.752	7.427	1.239	0.016	0.004	1.037	-	4.725	96.844	2.386	0.863	4.270	118.656	2.188	0.859	5.77	0.04
6	Cfti3	9.156	9.417	6.839	2.635	0.000	0.014	1.786	0.654	4.704	95.210	2.272	0.876	4.966	100.157	2.483	0.866	6.22	0.03
0	Maximin	11.445	0.592	7.719	0.218	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	5.531	157.337	1.292	0.972	5.77	0.05
1	Maximin	8.963	1.496	6.760	0.579	0.009	-	1.037	-	3.118	131.651	2.666	0.519	3.602	157.877	1.781	0.869	5.78	0.04
2	Maximin	8.963	1.496	6.760	0.579	0.009	-	1.037	-	3.251	131.286	2.650	0.579	3.880	155.876	1.764	0.891	5.78	0.04
3	Maximin	9.065	1.529	6.802	0.589	0.009	-	1.037	-	3.330	128.664	2.694	0.588	3.873	155.066	1.800	0.885	5.78	0.04
4	Maximin	15.196	2.537	9.002	0.769	0.009	-	1.037	-	3.010	139.947	1.917	0.771	4.072	150.831	1.698	0.909	5.76	0.04
5	Maximin	16.261	3.263	9.339	0.959	0.014	0.004	1.037	-	3.207	134.454	1.917	0.802	3.963	142.348	1.748	0.897	5.83	0.04
6	Maximin	11.967	12.226	7.908	2.979	0.000	0.014	1.646	0.579	3.816	116.688	2.280	0.802	4.342	123.464	2.453	0.825	6.15	0.04
0	Centroid	12.256	1.105	8.011	0.408	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	6.096	157.790	1.171	0.981	5.83	0.05
1	Centroid	10.355	2.474	7.311	0.860	0.009	-	1.037	-	3.556	120.690	3.138	0.470	3.857	147.686	2.780	0.693	5.87	0.04
2	Centroid	10.355	2.474	7.311	0.860	0.009	-	1.037	-	3.976	124.381	3.326	0.548	4.081	151.708	2.835	0.719	5.88	0.04
3	Centroid	10.680	2.515	7.435	0.862	0.009	-	1.037	-	4.068	124.008	3.339	0.571	4.105	150.038	2.878	0.713	5.88	0.04
4	Centroid	12.599	4.254	8.132	1.255	0.009	-	1.037	-	4.500	143.433	3.159	0.712	4.583	150.088	2.938	0.768	5.85	0.04
5	Centroid	14.981	4.538	8.933	1.347	0.000	0.005	1.037	-	3.210	121.502	2.360	0.678	4.559	133.490	3.450	0.654	5.73	0.04
6	Centroid	11.571	13.651	7.765	3.203	0.000	0.016	1.567	0.727	4.866	96.846	3.494	0.696	4.840	110.803	3.815	0.615	6.20	0.04
0	Hurwicz	11.714	0.839	7.817	0.319	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	5.434	159.555	1.411	0.966	5.79	0.05
1	Hurwicz	9.315	1.774	6.903	0.667	0.009	-	1.037	-	3.378	127.414	2.838	0.542	3.534	151.909	1.976	0.829	5.80	0.05
2	Hurwicz	9.315	1.774	6.903	0.667	0.009	-	1.037	-	3.515	128.558	2.822	0.596	3.834	151.482	1.955	0.860	5.80	0.05
3	Hurwicz	9.412	1.779	6.942	0.667	0.009	-	1.037	-	3.598	126.443	2.863	0.606	3.864	150.325	1.985	0.858	5.80	0.05
4	Hurwicz	15.452	2.742	9.084	0.811	0.009	-	1.037	-	3.204	140.116	2.039	0.771	4.124	147.595	1.930	0.884	5.78	0.05
5	Hurwicz	16.549	3.443	9.428	1.002	0.014	0.005	1.037	-	3.411	136.668	2.034	0.803	4.150	136.573	2.266	0.838	5.85	0.04
6	Hurwicz	12.156	15.672	7.975	3.637	0.000	0.016	1.640	0.667	3.970	116.279	2.558	0.765	4.667	111.807	2.947	0.775	6.17	0.04
0	SAW	11.798	0.879	7.847	0.330	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	6.258	153.712	1.374	0.976	5.79	0.05
1	SAW	9.523	2.779	6.986	1.005	0.009	-	1.037	-	3.703	111.995	2.959	0.601	3.967	139.660	2.044	0.857	5.81	0.05
2	SAW	9.523	2.779	6.986	1.005	0.009	-	1.037	-	3.952	115.327	2.984	0.656	4.378	139.821	2.071	0.881	5.81	0.05
3	SAW	9.633	2.807	7.030	1.009	0.009	-	1.037	-	4.035	113.919	2.996	0.670	4.441	138.075	2.111	0.880	5.81	0.05
4	SAW	15.428	4.425	9.076	1.289	0.009	-	1.037	-	3.323	134.229	2.317	0.717	4.994	133.290	2.240	0.894	5.78	0.04
5	SAW	15.895	4.153	9.224	1.208	0.011	0.005	1.037	-	3.439	130.378	2.339	0.733	5.058	128.354	2.458	0.874	5.81	0.04
6	SAW	11.564	11.236	7.762	2.766	0.000	0.016	1.515	0.697	4.580	119.137	3.034	0.749	5.729	112.856	2.942	0.858	6.07	0.04
0	WPM	11.578	0.926	7.767	0.356	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	5.643	154.743	1.576	0.960	5.77	0.05
1	WPM	9.153	2.181	6.838	0.812	0.009	-	1.037	-	3.383	116.951	2.797	0.563	3.507	155.692	1.916	0.838	5.78	0.04
2	WPM	9.153	2.181	6.838	0.812	0.009	-	1.037	-	3.628	118.854	2.810	0.633	3.843	152.068	1.954	0.861	5.78	0.04
3	WPM	9.271	2.217	6.885	0.818	0.009	-	1.037	-	3.728	117.050	2.831	0.651	3.919	150.244	2.034	0.855	5.79	0.04
4	WPM	14.884	3.843	8.901	1.163	0.009	-	1.037	-	3.183	138.398	2.176	0.730	4.562	141.582	2.226	0.873	5.76	0.04
5	WPM	15.449	4.415	9.083	1.305	0.012	0.005	1.037	-	3.270	131.480	2.194	0.741	4.712	136.029	2.494	0.848	5.80	0.04
6	WPM	11.345	9.416	7.682	2.498	0.000	0.014	1.542	0.609	4.701	116.612	2.590	0.834	5.102	117.259	2.999	0.809	6.07	0.04
0	TOPSIS	11.904	1.105	7.885	0.421	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	5.877	155.796	1.571	0.964	5.81	0.05
1	TOPSIS	9.673	2.085	7.046	0.768	0.009	-	1.037	-	3.946	107.304	3.064	0.630	3.844	121.560	3.098	0.592	5.82	0.05
2	TOPSIS	9.673	2.085	7.046	0.768	0.009	-	1.037	-	4.092	111.279	3.095	0.654	4.053	127.497	3.146	0.631	5.82	0.05
3	TOPSIS	9.755	2.115	7.078	0.776	0.009	-	1.037	-	4.150	110.181	3.103	0.664	4.128	123.896	3.145	0.648	5.82	0.05
4	TOPSIS	15.175	3.926	8.995	1.168	0.009	-	1.037	-	3.329	129.507	2.470	0.670	4.559	125.244	3.167	0.719	5.80	0.05
5	TOPSIS	16.033	4.913	9.267	1.458	0.013	0.005	1.037	-	3.712	122.867	2.574	0.721	5.440	98.747	3.457	0.772	5.85	0.05
6	TOPSIS	10.923	17.213	7.526	3.951	0.000	0.024	1.668	1.227	7.467	77.410	3.630	0.874	6.633	92.941	3.430	0.856	6.23	0.05

Tabella C. 22

1919 Mugello – membership: tipo 3, unite																			
MB	MD	LEN	LEN BST	WID	WID BST	AAT	AAT ERH	BAT	BAT ERH	E2 AXMX	E2 AZMX	E2 AXMI	E2 ECC	E2 BAXMX	E2 BAZMX	E2 BAXMI	E2 BECC	MM	MM ERH
0	Cfti3	19.215	3.072	10.223	0.958	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	1.847	51.628	0.766	0.910	5.95	0.02
1	Cfti3	11.551	1.350	7.758	0.427	0.009	-	1.037	-	2.325	101.224	2.024	0.492	2.529	95.034	1.166	0.887	5.97	0.02
2	Cfti3	11.551	1.350	7.758	0.427	0.009	-	1.037	-	2.389	96.082	2.051	0.513	2.613	93.488	1.201	0.888	5.97	0.02
3	Cfti3	11.631	1.361	7.787	0.429	0.009	-	1.037	-	2.381	95.866	2.075	0.490	2.586	93.537	1.227	0.880	5.97	0.02
4	Cfti3	13.918	3.597	8.583	0.998	0.009	-	1.037	-	2.658	67.115	2.265	0.523	2.940	87.312	1.542	0.851	5.95	0.02
5	Cfti3	11.665	3.014	7.799	0.861	0.017	0.002	1.037	-	2.992	103.892	2.368	0.611	3.657	95.267	1.759	0.877	6.14	0.02
6	Cfti3	10.778	1.755	7.472	0.557	0.000	0.009	2.377	0.765	2.544	121.722	2.220	0.488	2.696	96.492	1.820	0.738	7.20	0.02
0	Maximin	19.582	1.649	10.329	0.493	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	2.465	165.190	2.083	0.535	6.01	0.02
1	Maximin	12.773	1.319	8.192	0.415	0.009	-	1.037	-	2.435	123.780	2.146	0.473	2.940	111.603	1.652	0.827	6.02	0.02
2	Maximin	12.773	1.319	8.192	0.415	0.009	-	1.037	-	2.496	115.233	2.213	0.462	3.100	107.847	1.764	0.822	6.03	0.02
3	Maximin	12.901	1.339	8.237	0.419	0.009	-	1.037	-	2.477	117.800	2.235	0.431	3.097	108.304	1.799	0.814	6.02	0.02
4	Maximin	17.091	4.824	9.594	1.300	0.009	-	1.037	-	2.884	161.455	2.300	0.603	3.435	113.260	2.067	0.799	6.01	0.02
5	Maximin	13.008	6.075	8.274	1.639	0.016	0.002	1.037	-	3.390	111.113	2.581	0.648	4.424	111.187	2.438	0.834	6.18	0.02
6	Maximin	11.934	2.579	7.896	0.766	0.000	0.005	2.276	0.402	2.642	143.047	2.353	0.455	3.187	127.761	2.474	0.630	7.14	0.02
0	Centroid	18.543	1.297	10.028	0.391	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	6.887	170.108	1.921	0.960	6.07	0.02
1	Centroid	15.921	2.114	9.232	0.606	0.009	-	1.037	-	2.834	163.115	2.727	0.272	3.254	107.403	1.994	0.790	6.08	0.02
2	Centroid	15.921	2.114	9.232	0.606	0.009	-	1.037	-	2.979	77.337	2.856	0.284	3.627	104.244	2.170	0.801	6.09	0.02
3	Centroid	16.123	2.132	9.295	0.606	0.009	-	1.037	-	2.984	49.022	2.844	0.303	3.715	104.405	2.234	0.799	6.09	0.02
4	Centroid	15.213	5.271	9.007	1.364	0.009	-	1.037	-	3.212	126.347	2.878	0.444	3.504	110.697	2.310	0.752	6.09	0.02
5	Centroid	14.117	4.688	8.649	1.232	0.014	0.002	1.037	-	3.306	115.765	2.856	0.504	3.263	113.062	2.356	0.692	6.22	0.02
6	Centroid	13.282	5.182	8.368	1.269	0.000	0.021	2.175	1.802	4.088	120.412	2.806	0.727	3.487	116.551	2.540	0.685	7.13	0.02
0	Hurwicz	19.353	1.413	10.263	0.414	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	2.627	172.041	2.086	0.608	6.02	0.02
1	Hurwicz	12.906	1.373	8.239	0.425	0.009	-	1.037	-	2.415	128.113	2.161	0.446	2.852	111.667	1.620	0.823	6.03	0.02
2	Hurwicz	12.906	1.373	8.239	0.425	0.009	-	1.037	-	2.462	119.447	2.228	0.425	3.015	108.403	1.705	0.825	6.03	0.02
3	Hurwicz	13.025	1.391	8.280	0.429	0.009	-	1.037	-	2.448	123.325	2.248	0.395	3.004	109.117	1.739	0.815	6.03	0.02
4	Hurwicz	16.362	4.840	9.370	1.298	0.009	-	1.037	-	3.031	164.856	2.317	0.645	3.358	115.632	2.056	0.791	6.02	0.02
5	Hurwicz	13.009	6.229	8.274	1.670	0.016	0.002	1.037	-	3.424	110.861	2.613	0.646	4.437	106.897	2.370	0.845	6.18	0.02
6	Hurwicz	11.945	3.227	7.900	0.933	0.000	0.013	2.278	1.077	3.100	123.206	2.439	0.617	3.464	114.532	2.527	0.684	7.15	0.02
0	SAW	19.781	1.117	10.386	0.330	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	1.827	48.602	1.358	0.669	6.02	0.02
1	SAW	13.317	1.651	8.380	0.499	0.009	-	1.037	-	2.707	98.633	2.254	0.554	3.400	100.873	1.723	0.862	6.03	0.02
2	SAW	13.317	1.651	8.380	0.499	0.009	-	1.037	-	2.864	92.894	2.312	0.590	3.744	97.913	1.844	0.870	6.04	0.02
3	SAW	13.473	1.648	8.433	0.495	0.009	-	1.037	-	2.840	91.140	2.338	0.568	3.738	98.014	1.890	0.863	6.03	0.02
4	SAW	16.011	5.218	9.260	1.375	0.009	-	1.037	-	3.649	81.258	2.436	0.745	4.370	97.933	2.132	0.873	6.02	0.02
5	SAW	13.210	6.067	8.343	1.613	0.015	0.002	1.037	-	3.600	109.995	2.657	0.675	5.329	99.945	2.433	0.890	6.18	0.02
6	SAW	12.335	3.367	8.039	0.951	0.000	0.011	2.250	0.920	3.096	122.430	2.460	0.607	3.949	103.751	2.541	0.766	7.14	0.02
0	WPM	20.399	2.676	10.560	0.809	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	3.786	173.718	2.440	0.765	6.01	0.02
1	WPM	13.471	1.687	8.432	0.508	0.009	-	1.037	-	3.226	111.244	2.647	0.572	4.332	107.613	1.873	0.902	6.03	0.02
2	WPM	13.471	1.687	8.432	0.508	0.009	-	1.037	-	3.601	103.461	2.725	0.654	4.513	105.486	1.998	0.897	6.04	0.02
3	WPM	13.689	1.734	8.506	0.518	0.009	-	1.037	-	3.556	101.051	2.774	0.626	4.572	105.673	2.054	0.893	6.03	0.02
4	WPM	13.650	5.679	8.493	1.507	0.009	-	1.037	-	3.711	113.920	2.958	0.604	4.951	108.788	2.304	0.885	6.03	0.02
5	WPM	13.152	5.302	8.323	1.397	0.016	0.002	1.037	-	3.204	115.500	2.699	0.539	4.147	108.630	2.393	0.817	6.18	0.02
6	WPM	12.299	2.908	8.026	0.791	0.000	0.008	2.274	0.693	2.734	139.809	2.465	0.433	2.701	139.915	2.358	0.488	7.16	0.02
0	TOPSIS	19.698	0.919	10.362	0.261	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	2.911	30.746	1.359	0.884	6.01	0.02
1	TOPSIS	13.195	1.695	8.338	0.513	0.009	-	1.037	-	2.439	93.530	2.070	0.529	2.989	95.783	1.432	0.878	6.03	0.03
2	TOPSIS	13.195	1.695	8.338	0.513	0.009	-	1.037	-	2.551	88.410	2.105	0.565	3.254	93.518	1.501	0.887	6.03	0.03
3	TOPSIS	13.335	1.721	8.386	0.518	0.009	-	1.037	-	2.533	87.058	2.127	0.543	3.229	93.679	1.533	0.880	6.03	0.03
4	TOPSIS	22.169	4.233	11.048	1.090	0.009	-	1.037	-	2.810	65.708	1.696	0.797	3.535	92.601	1.647	0.885	6.01	0.02
5	TOPSIS	14.057	7.410	8.629	1.932	0.015	0.002	1.037	-	4.102	107.328	2.600	0.773	5.466	97.461	2.141	0.920	6.17	0.02
6	TOPSIS	12.734	3.949	8.179	1.095	0.000	0.013	2.247	1.086	3.463	116.127	2.435	0.711	3.942	103.148	2.442	0.785	7.12	0.03

Tabella C. 24

1920 Garfagnana – membership: tipo 3, unite																			
MB	MD	LEN	LEN BST	WID	WID BST	AAT	AAT ERH	BAT	BAT ERH	E2 AXMX	E2 AZMX	E2 AXMI	E2 ECC	E2 BAXMX	E2 BAZMX	E2 BAXMI	E2 BECC	MM	MM ERH
0	Cfti3	23.455	1.543	11.391	0.417	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	10.490	107.442	0.832	0.997	6.14	0.02
1	Cfti3	17.912	1.765	9.842	0.457	0.009	-	1.037	-	1.707	59.400	1.587	0.369	2.165	105.165	1.207	0.830	6.16	0.02
2	Cfti3	17.912	1.765	9.842	0.457	0.009	-	1.037	-	1.740	49.341	1.656	0.308	2.237	107.924	1.322	0.807	6.16	0.02
3	Cfti3	18.012	1.792	9.871	0.463	0.009	-	1.037	-	1.748	44.804	1.651	0.329	2.259	108.454	1.360	0.799	6.16	0.02
4	Cfti3	17.667	2.138	9.768	0.542	0.009	-	1.037	-	1.754	47.746	1.663	0.319	2.313	105.832	1.394	0.798	6.16	0.02
5	Cfti3	16.813	1.875	9.509	0.494	0.014	0.001	1.037	-	1.989	55.752	1.834	0.387	2.395	103.544	1.671	0.716	6.28	0.02
6	Cfti3	16.039	1.734	9.269	0.467	0.000	0.003	2.083	0.219	2.093	55.516	1.753	0.547	2.324	91.771	1.777	0.645	7.08	0.02
0	Maximin	23.927	1.276	11.515	0.325	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	9.451	136.340	6.619	0.714	6.17	0.02
1	Maximin	18.169	4.323	9.918	1.065	0.009	-	1.037	-	2.100	39.142	1.729	0.568	2.471	84.262	1.959	0.609	6.16	0.02
2	Maximin	18.169	4.323	9.918	1.065	0.009	-	1.037	-	2.149	35.819	1.711	0.605	2.463	83.203	2.086	0.532	6.16	0.02
3	Maximin	17.989	4.312	9.864	1.065	0.009	-	1.037	-	2.216	34.469	1.706	0.638	2.460	79.404	2.110	0.514	6.16	0.02
4	Maximin	17.191	5.009	9.625	1.246	0.009	-	1.037	-	2.494	36.560	1.737	0.718	2.697	72.511	2.013	0.666	6.17	0.02
5	Maximin	15.911	4.368	9.229	1.130	0.014	0.001	1.037	-	2.600	41.752	2.072	0.604	2.973	84.127	2.335	0.619	6.30	0.02
6	Maximin	14.881	4.119	8.900	1.093	0.003	0.007	1.933	0.605	2.666	49.268	2.150	0.592	3.036	77.875	2.428	0.600	7.01	0.02
0	Centroid	21.678	2.033	10.915	0.536	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	5.419	112.741	3.450	0.771	6.22	0.02
1	Centroid	21.256	2.529	10.799	0.595	0.009	-	1.037	-	2.023	97.319	1.785	0.470	3.139	103.124	2.339	0.667	6.21	0.02
2	Centroid	21.256	2.529	10.799	0.595	0.009	-	1.037	-	2.013	90.303	1.894	0.339	3.262	111.758	2.442	0.663	6.21	0.02
3	Centroid	21.112	2.554	10.759	0.602	0.009	-	1.037	-	2.102	56.258	1.921	0.406	3.199	112.537	2.501	0.623	6.21	0.02
4	Centroid	17.176	2.427	9.620	0.626	0.009	-	1.037	-	2.793	39.026	2.118	0.652	2.686	84.565	2.090	0.628	6.23	0.02
5	Centroid	16.563	2.383	9.432	0.627	0.012	0.002	1.037	-	2.977	47.726	2.401	0.591	3.268	87.871	2.265	0.721	6.33	0.02
6	Centroid	16.309	2.755	9.354	0.700	0.006	0.008	1.510	0.622	3.043	49.803	2.434	0.600	3.344	94.678	2.625	0.619	6.71	0.02
0	Hurwicz	23.874	0.989	11.501	0.259	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	7.990	135.564	5.553	0.719	6.16	0.02
1	Hurwicz	18.040	1.690	9.880	0.460	0.009	-	1.037	-	2.107	35.720	1.676	0.606	2.407	79.710	2.063	0.515	6.17	0.02
2	Hurwicz	18.040	1.690	9.880	0.460	0.009	-	1.037	-	2.154	33.039	1.674	0.630	2.428	77.524	2.254	0.372	6.17	0.02
3	Hurwicz	17.939	1.709	9.850	0.466	0.009	-	1.037	-	2.217	32.639	1.667	0.659	2.438	68.202	2.269	0.366	6.17	0.02
4	Hurwicz	17.143	3.091	9.610	0.814	0.009	-	1.037	-	2.509	36.513	1.709	0.732	2.686	72.573	2.106	0.620	6.17	0.02
5	Hurwicz	15.761	2.230	9.182	0.621	0.014	0.001	1.037	-	2.582	37.749	2.060	0.603	2.958	88.333	2.349	0.608	6.30	0.02
6	Hurwicz	14.721	1.846	8.848	0.541	0.003	0.017	1.955	1.595	2.935	57.611	2.213	0.657	2.975	79.916	2.420	0.582	7.04	0.02
0	SAW	23.430	5.451	11.385	1.274	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	10.481	134.120	4.417	0.907	6.16	0.02
1	SAW	18.712	4.665	10.077	1.154	0.009	-	1.037	-	2.278	39.813	1.731	0.650	2.389	66.407	1.859	0.628	6.17	0.02
2	SAW	18.712	4.665	10.077	1.154	0.009	-	1.037	-	2.316	37.928	1.749	0.656	2.426	62.883	1.959	0.590	6.17	0.02
3	SAW	18.742	4.677	10.086	1.156	0.009	-	1.037	-	2.358	37.454	1.743	0.673	2.450	60.722	1.951	0.605	6.17	0.02
4	SAW	18.094	5.442	9.896	1.339	0.009	-	1.037	-	2.562	37.466	1.772	0.722	2.609	71.537	1.816	0.718	6.17	0.02
5	SAW	17.237	5.052	9.639	1.281	0.014	0.001	1.037	-	2.685	36.964	2.083	0.631	2.962	83.043	2.148	0.688	6.29	0.02
6	SAW	16.268	4.500	9.341	1.186	0.000	0.007	2.157	0.655	2.801	45.401	2.246	0.598	3.178	78.846	2.275	0.698	7.19	0.02
0	WPM	23.787	1.026	11.478	0.267	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	9.217	135.571	5.132	0.831	6.17	0.02
1	WPM	17.971	1.847	9.859	0.499	0.009	-	1.037	-	2.061	43.351	1.716	0.554	2.313	97.197	1.763	0.647	6.18	0.02
2	WPM	17.971	1.847	9.859	0.499	0.009	-	1.037	-	2.106	38.859	1.742	0.562	2.365	101.901	1.930	0.578	6.18	0.02
3	WPM	18.004	1.878	9.869	0.506	0.009	-	1.037	-	2.164	37.815	1.735	0.598	2.368	99.145	1.984	0.546	6.18	0.02
4	WPM	17.144	3.435	9.610	0.884	0.009	-	1.037	-	2.476	38.997	1.760	0.703	2.647	79.810	1.982	0.663	6.18	0.02
5	WPM	15.978	2.501	9.250	0.682	0.014	0.001	1.037	-	2.555	41.190	2.047	0.598	2.948	89.303	2.182	0.673	6.30	0.02
6	WPM	14.930	1.894	8.916	0.553	0.003	0.005	1.916	0.440	2.608	48.095	2.123	0.581	3.080	82.094	2.279	0.673	7.00	0.02
0	TOPSIS	23.400	5.526	11.377	1.302	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	10.724	134.076	3.940	0.930	6.15	0.02
1	TOPSIS	17.616	1.793	9.753	0.489	0.009	-	1.037	-	2.149	41.939	1.747	0.582	2.160	77.136	1.830	0.531	6.16	0.02
2	TOPSIS	17.616	1.793	9.753	0.489	0.009	-	1.037	-	2.190	38.667	1.774	0.586	2.194	76.368	1.971	0.439	6.16	0.02
3	TOPSIS	17.681	1.814	9.772	0.494	0.009	-	1.037	-	2.226	38.077	1.769	0.607	2.215	70.915	1.985	0.444	6.16	0.02
4	TOPSIS	17.505	3.515	9.720	0.891	0.009	-	1.037	-	2.420	40.534	1.780	0.678	2.468	73.026	1.886	0.645	6.16	0.02
5	TOPSIS	16.380	2.429	9.376	0.658	0.013	0.001	1.037	-	2.559	37.927	2.070	0.588	2.708	86.635	2.271	0.545	6.27	0.02
6	TOPSIS	15.253	1.784	9.020	0.518	0.002	0.007	1.923	0.558	2.649	46.112	2.167	0.575	2.916	75.204	2.426	0.555	6.95	0.02

Tabella C. 26

1930 Irpinia – membership: tipo 3, unite																			
MB	MD	LEN	LEN BST	WID	WID BST	AAT	AAT ERH	BAT	BAT ERH	E2 AXMX	E2 AZMX	E2 AXMI	E2 ECC	E2 BAXMX	E2 BAZMX	E2 BAXMI	E2 BECC	MM	MM ERH
0	Cfti3	30.698	2.888	13.181	0.709	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	10.880	109.206	2.091	0.981	6.44	0.02
1	Cfti3	30.112	1.732	13.044	0.379	0.009	-	1.037	-	3.526	150.028	3.251	0.387	4.876	127.754	3.511	0.694	6.43	0.02
2	Cfti3	30.112	1.732	13.044	0.379	0.009	-	1.037	-	3.870	119.214	3.388	0.483	7.621	97.518	4.371	0.819	6.42	0.02
3	Cfti3	29.529	1.892	12.907	0.419	0.009	-	1.037	-	4.085	117.333	3.400	0.554	7.934	96.001	4.341	0.837	6.42	0.02
4	Cfti3	18.912	3.592	10.136	0.856	0.009	-	1.037	-	5.155	80.869	3.932	0.647	5.509	92.587	3.294	0.802	6.43	0.02
5	Cfti3	17.876	2.921	9.831	0.729	0.011	0.002	1.037	-	4.897	69.057	3.981	0.582	4.612	94.526	3.842	0.553	6.52	0.02
6	Cfti3	19.428	5.434	10.285	1.340	0.017	0.006	0.520	0.381	5.858	64.025	4.146	0.706	5.602	82.419	4.768	0.525	6.07	0.02
0	Maximin	35.213	6.352	14.200	1.517	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	10.108	111.695	2.650	0.965	6.47	0.02
1	Maximin	33.930	4.953	13.917	1.002	0.009	-	1.037	-	3.060	176.142	2.594	0.530	3.894	13.879	2.506	0.765	6.48	0.02
2	Maximin	33.930	4.953	13.917	1.002	0.009	-	1.037	-	3.109	24.103	2.901	0.359	4.276	35.320	3.146	0.677	6.49	0.02
3	Maximin	34.306	5.042	14.000	1.015	0.009	-	1.037	-	3.094	27.206	2.915	0.335	4.280	39.367	3.196	0.665	6.49	0.02
4	Maximin	17.486	3.748	9.714	0.963	0.009	-	1.037	-	4.552	56.534	3.696	0.584	4.716	62.164	3.432	0.686	6.51	0.02
5	Maximin	19.820	11.625	10.397	2.393	0.005	0.002	1.037	-	4.635	68.842	3.574	0.637	4.816	75.154	3.170	0.753	6.40	0.02
6	Maximin	35.033	11.256	14.160	2.400	0.010	0.003	0.639	0.183	3.120	127.493	2.878	0.387	4.748	65.652	3.170	0.744	6.08	0.02
0	Centroid	29.996	2.053	13.017	0.502	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	8.837	112.964	3.100	0.936	6.46	0.02
1	Centroid	35.675	2.504	14.300	0.517	0.009	-	1.037	-	3.542	174.861	3.172	0.445	3.904	154.206	2.846	0.684	6.48	0.02
2	Centroid	35.675	2.504	14.300	0.517	0.009	-	1.037	-	3.776	58.869	3.505	0.372	4.091	110.702	3.634	0.459	6.49	0.02
3	Centroid	36.370	2.532	14.451	0.518	0.009	-	1.037	-	3.768	59.956	3.469	0.391	4.211	109.459	3.635	0.505	6.49	0.02
4	Centroid	22.059	2.711	11.018	0.690	0.009	-	1.037	-	5.539	64.382	4.424	0.602	5.301	75.378	3.759	0.705	6.52	0.02
5	Centroid	22.324	6.096	11.090	1.337	0.006	0.003	1.037	-	5.595	74.883	4.356	0.627	5.709	73.524	4.069	0.701	6.44	0.02
6	Centroid	24.020	6.614	11.539	1.465	0.018	0.004	0.250	0.209	6.985	11.697	4.097	0.810	5.487	84.632	3.973	0.690	5.85	0.02
0	Hurwicz	35.445	6.221	14.250	1.471	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	9.619	109.524	2.798	0.957	6.48	0.02
1	Hurwicz	34.115	4.834	13.958	0.973	0.009	-	1.037	-	3.107	174.183	2.633	0.531	4.026	26.807	2.671	0.748	6.48	0.02
2	Hurwicz	34.115	4.834	13.958	0.973	0.009	-	1.037	-	3.139	20.211	2.948	0.343	4.491	45.323	3.146	0.714	6.49	0.02
3	Hurwicz	34.451	4.909	14.032	0.984	0.009	-	1.037	-	3.122	22.765	2.972	0.306	4.832	48.362	3.121	0.763	6.49	0.02
4	Hurwicz	21.202	3.721	10.784	0.965	0.009	-	1.037	-	4.694	55.394	3.753	0.601	5.139	61.735	3.317	0.764	6.52	0.02
5	Hurwicz	23.662	11.115	11.446	2.325	0.005	0.002	1.037	-	4.811	67.785	3.620	0.659	5.454	70.989	2.952	0.841	6.39	0.02
6	Hurwicz	34.795	11.143	14.108	2.354	0.010	0.003	0.633	0.186	3.221	59.378	3.058	0.314	5.577	60.857	3.086	0.833	6.06	0.02
0	SAW	35.844	4.297	14.337	1.061	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	10.132	112.542	3.009	0.955	6.48	0.02
1	SAW	36.874	6.957	14.559	1.494	0.009	-	1.037	-	3.579	158.697	2.554	0.700	6.173	20.163	4.038	0.756	6.48	0.02
2	SAW	36.874	6.957	14.559	1.494	0.009	-	1.037	-	3.577	153.694	2.821	0.615	6.849	50.801	5.114	0.665	6.48	0.02
3	SAW	36.924	7.020	14.570	1.510	0.009	-	1.037	-	3.620	151.042	2.842	0.619	6.957	54.665	5.262	0.654	6.48	0.02
4	SAW	14.612	5.171	8.812	1.519	0.009	-	1.037	-	5.183	51.649	4.026	0.630	5.771	60.332	4.125	0.699	6.52	0.02
5	SAW	15.667	9.823	9.152	2.442	0.006	0.002	1.037	-	5.314	56.221	4.069	0.643	6.582	73.850	4.815	0.682	6.43	0.02
6	SAW	16.754	10.730	9.491	2.677	0.010	0.006	0.649	0.469	8.169	48.089	4.257	0.853	7.663	57.317	5.504	0.696	6.09	0.02
0	WPM	25.608	2.593	11.947	0.699	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	10.829	103.269	3.541	0.945	6.49	0.02
1	WPM	37.486	4.349	14.690	0.848	0.009	-	1.037	-	3.836	15.431	2.676	0.716	8.951	30.510	4.631	0.856	6.48	0.02
2	WPM	37.486	4.349	14.690	0.848	0.009	-	1.037	-	3.982	21.675	2.880	0.691	10.220	47.583	5.438	0.847	6.48	0.02
3	WPM	37.019	4.421	14.590	0.867	0.009	-	1.037	-	4.012	20.566	2.964	0.674	10.461	49.802	5.646	0.842	6.48	0.02
4	WPM	19.166	2.808	10.209	0.741	0.009	-	1.037	-	5.270	52.048	4.144	0.618	5.624	51.729	3.977	0.707	6.53	0.02
5	WPM	19.888	3.069	10.416	0.784	0.006	0.003	1.037	-	5.446	55.002	4.219	0.632	6.024	57.220	4.207	0.716	6.44	0.02
6	WPM	20.566	3.988	10.607	0.979	0.012	0.008	0.563	0.555	5.648	51.931	4.319	0.644	6.563	43.927	4.377	0.745	6.03	0.02
0	TOPSIS	35.702	3.997	14.306	0.958	0.009	-	1.037	-	-	-	-	-	10.033	114.972	2.614	0.965	6.48	0.02
1	TOPSIS	36.640	6.281	14.509	1.293	0.009	-	1.037	-	3.232	162.338	2.566	0.608	3.963	0.142	2.981	0.659	6.48	0.02
2	TOPSIS	36.640	6.281	14.509	1.293	0.009	-	1.037	-	3.249	154.226	2.834	0.489	4.450	53.589	3.945	0.463	6.48	0.02
3	TOPSIS	36.619	6.357	14.504	1.310	0.009	-	1.037	-	3.273	150.881	2.852	0.491	4.508	57.182	3.976	0.471	6.48	0.02
4	TOPSIS	19.746	4.794	10.376	1.316	0.009	-	1.037	-	4.925	53.816	3.877	0.617	5.307	62.488	3.596	0.735	6.52	0.02
5	TOPSIS	32.684	13.704	13.637	2.906	0.000	0.002	1.037	-	3.745	122.729	2.749	0.679	5.899	71.844	3.852	0.757	6.25	0.02
6	TOPSIS	23.134	13.154	11.306	2.786	0.016	0.004	0.250	0.188	7.200	46.669	3.218	0.895	5.967	65.922	4.251	0.702	5.79	0.02

Tabella C. 28