

## 11. DISTRIBUZIONI A CONFRONTO PER I TERREMOTI MAGGIORI IN ITALIA CENTRALE

*Elsa Garavaglia, Elisa Guagenti*

Politecnico di Milano

### 11.1 Introduzione

Il lavoro qui presentato fornisce un contributo mirato ad individuare la significatività statistica dei modelli utilizzati per stimare la probabilità condizionata di accadimento di un terremoto maggiore su una struttura sismogenetica. L'approccio ottimale consisterebbe nella stima della funzione di distribuzione a partire dalle osservazioni dei tempi intercorsi tra eventi simili su ogni struttura; purtroppo ciò non è possibile poichè il riconoscimento e la datazione di eventi plurimi avvenuti sulla medesima struttura è piuttosto raro a livello mondiale e quasi del tutto inesistente in Italia.

Questo premesso, sono stati qui condotti due tentativi distinti di calibrazione, entrambi legati ad evidenze sperimentali che consentono di ampliare la dimensione del campione statistico. Il primo tentativo consiste nell'analisi congiunta degli intertempi raccolti per eventi stimati di  $M \geq 6.5$ , individuati in strutture diverse in Italia Centrale, e descritti nel paragrafo "Osservazioni dirette". Tali strutture, come descritto, sono sufficientemente omogenee tra loro; si è perciò pensato di poter considerare gli eventi nel loro insieme, come manifestazioni di uno stesso meccanismo sismogenetico e quindi campione casuale di uno stesso universo.

La seconda calibrazione invece raggruppa i tempi di ricorrenza per le 18 strutture parametrizzate nell'ambito delle attività del GNDT (Barchi et al., 1999), stimati con la tecnica proposta da Field et al., 1999, e descritti nel paragrafo "Osservazioni indirette".

Le assunzioni adottate, i dati utilizzati e i risultati conseguiti sono descritti e commentati in riferimento a questa iniziale suddivisione.

### 11.2 Osservazioni dirette

Non si conoscono in Italia eventi plurimi riferiti alla medesima struttura, in numero sufficiente da consentire la calibrazione di una funzione probabilistica dei tempi di intercorrenza; in assenza di questi dati, si è fatto ricorso alle datazioni reperibili in letteratura e riferite a strutture distinte, nel tentativo di calibrare una distribuzione relativa al

---

Contributo dell'UO POLIMI2

Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Politecnico di Milano, P.za L. da Vinci 32, 20133, Milano

Responsabile: E. Guagenti

e-mail 1° autore: garava@stru.polimi.it

tempo di ritorno degli eventi maggiori, adatta alla situazione italiana. Per garantire comunque una certa affinità tra le datazioni raccolte sono state rispettate le seguenti condizioni:

- 1) selezione delle strutture con associati in letteratura almeno 2 terremoti (1 intertempo) di  $M \geq 6.5$ ;
- 2) selezione di strutture cinematicamente e geometricamente assimilabili (nello specifico, faglie in regime distensivo e/o transtensivo, con coinvolgimento di uno spessore sismogenetico non troppo eterogeneo)
- 3) selezione di strutture per le quali non si ritenga avvengano importanti variazioni dello slip rate associato.

La Tab. 1 rappresenta una raccolta preliminare delle datazioni disponibili in letteratura al giugno 1999; i riferimenti bibliografici originali sono riportati in Barchi et al. (1999).

I dati che palesemente inducono a maggior cautela interpretativa sono gli intertempi di 5000 e 7000 anni; rimandando la loro considerazione ad una indagine approfondita, essi per ora non vengono considerati. In Tab. 1 sono riportati anche i momenti sperimentali: la media e i successivi momenti adimensionali (escludendo i due suddetti intertempi).

### 11.3 Osservazioni indirette

La seconda calibrazione parte dai tempi di ricorrenza stimati nell'ambito del progetto MISHA (Peruzza, 1998) per le strutture concordemente parametrizzate; il tempo di ricorrenza è stato ottenuto in riferimento a ciascun segmento, utilizzando la tecnica di conservazione del tasso di momento sismico proposta da Field et al., 1999, come segue:

$$1/T = \text{Char\_Rate} = \mu \cdot V \cdot L \cdot W / 10^{1.5 \cdot M + 9.05}$$

Si faccia riferimento anche a quanto riportato in Peruzza, 1999b.

In Tab. 2 sono riportati i valori così ottenuti, assieme ai valori  $T_{\min}$  e  $T_{\max}$ , proposti in Peruzza, 1999a.

### 11.4 Elaborazione statistica

Come è oramai ben chiaro a chiunque svolga una analisi probabilistica, la modellazione non è univocamente determinata. Nessuna previsione è credibile senza incertezze. Non è possibile parlare di "validazione" in senso assoluto.

Tuttavia, un attento confronto fra modelli candidati, la convergenza e il reciproco aiuto fra conoscenze fisiche e indagini statistiche, la consapevolezza delle conseguenze insite nel modello probabilistico, possono costituire, assieme, un ragionevole supporto di credibilità ad un modello piuttosto che ad un altro e una misura (sempre in senso relativo) delle incertezze associate alla previsione.

Tab. 1 - Strutture in Italia centrale, ed eventi associati in via preliminare.

Struttura	M max	Tlast (a.D.)	Datazioni eventi M~>6.5	intertempo
Gubbio	<= 6.0	?		
Gualdo Tadino	6.0-6.5	1751		
Colfiorito	~6.2	1997?		
<b>Norcia</b>	~6.7	1703	1328 1703	375
Alta Valle dell' Aterno	6.0-6.5	1703		
<b>C. Felice - Ovindoli - Pezza</b>	6.5	1300	866-1300 =>801 A.D. 1900+/-70 B.C. ~ 5000 B.C. 1915	~2700 ~3100
<b>Fucino</b>	7.0	1915	500-885 =>801 A.D. 1000-1400? 1915	500 600 oppure ?1114
Marsicano - V. di Sangro - Barrea	>6.7	?		
<b>M. Bove - M. Vettore</b>	6.5-6.7	<350	2325-1920 B.C. 65-350 A.D.	~2330 (1985-2675)
Laga - Campo-tosto - Gorzano	6.5-6.7	?		
<b>C. Imperatore - Assergi</b>	7.0	<1000	< 18000 B.P. 14000-12000 B.P. 7000-5450+/-170BP post 3490+/-160 B.P.	~5000 ~7000 ~2500
Media Valle Aterno	6.0-6.5	?		
M. Morrone - Sulmona	~6.5	<100		
Aremogna - 5-miglia -Pizzalto	6.0-6.5	?		
Leonessa	<6.5	?	?	
Rieti	~6.5	?	2 paleoterremoti	
Sora	~6.5	1654?		
Cassino	~6.5	?		
<b>San Gregorio Magno</b>				2206 3104
<b>Piano di Pecore</b>				1684 2150
Numerosità	11	intertempi		
Intertempi (in secoli)				
3.8 5.0 6.0	16.8	21.5	22.1	23.3 25.0 27.0 31.0 31.0
Momenti sperimentali				
Media	19.3173			
Coeff. Var.	0.5239			
Skewness	-0.4515			
Curtosi	1.5133			

Qui di seguito ci si limita ad indagare, come già accennato, fra modelli di renewal processes che sono i più semplici processi dotati di memoria (il che sembra essenziale per gli eventi qui presi in considerazione). La scarsità dei dati non consente di pensare a modelli più sofisticati (e l'esperienza internazionale a tal proposito ha ridimensionato le

Tab. 2 - Intertempi ricavati in modo indiretto in relazione alle caratteristiche delle strutture individuate in Peruzza, 1999a; Peruzza, 1999b; Barchi et al., 1999.

Struttura	M max	Tmin	Tmax	1/Char_Rate				
Gubbio	<= 6.0	250	500	417				
Gualdo Tadino	6.0-6.5	250	1250	760				
Colfiorito	~6.2	750	1000	1303				
Norcia	~6.7	1000	1650	1535				
A V Aterno	6.0-6.5	250	1000	701				
C.Felice-Ov.Pezza	6.5	400	850	768				
Fucino	7.0	800	2600	2127				
Marsicano-Barrea	>6.7		3500	3325				
M.Bove-Vettore	6.5-6.7	850	1000	1551				
Laga-Campotosto - Gorzano	6.5-6.7	1250	2500	2843				
C. Imperatore - Assergi	7.0	700	1500	1877				
M V Aterno	6.0-6.5	300	1000	760				
M.Morrone-Sulmona	~6.5	300	1000	1215				
Aremogna-5-miglia	6.0-6.5	1000	2500	1520				
Leonessa	<6.5	1250	2500	1520				
Rieti	~6.5	1000	1250	1621				
Sora	~6.5		1700	2431				
Cassino	~6.5	1000	1700	1823				
Numerosità 18 intertempi								
Intertempi (in secoli)								
4.2	7.0	7.6	7.6	7.7	12.2	13.0	15.2	15.2
15.3	15.5	16.2	18.2	18.8	21.3	24.3	28.4	33.2
Media	15.6080							
Coeff. Var.	0.4952							
Skewness	0.5738							
Curtosi	2.5797							

iniziali aspettative). Consapevoli del fatto che si tratta ora di avviare una ricerca con valore metodologico indicativo, che andrà proseguita con maggior dettaglio di analisi e di informazioni, si è iniziato ad indagare nell'ambito dei renewal processes, definiti dalla distribuzione dei tempi di ricorrenza. L'attenzione si è rivolta a quattro famiglie di distribuzioni: Weibull, gamma, lognormale ed esponenziale generalizzata.

Le prime tre coprono un ventaglio di comportamenti diversi, soprattutto nelle "code" delle distribuzioni le quali costituiscono la zona più problematica dell'interpretazione. In tale zona non sussiste alcun dato sperimentale.

Una significativa grandezza è di aiuto nell'orientarsi fra i tre comportamenti: l'"hazard rate"  $\Phi(t_0)$ . Se  $t_0$  è il tempo trascorso dall'ultimo evento e  $\tau$  è il tempo di ricorrenza, è

$$\begin{aligned} \Phi(t_0)dt &= \text{Prob} \{ t_0 < \tau \leq t_0 + dt \mid \tau > t_0 \} \\ &= \text{Prob} \{ \text{terremoto nell'immediato, condizionata} \\ &\quad \text{all'informazione sul tempo trascorso} \} \end{aligned}$$

La grandezza  $\Phi(t_0)$ , per  $t_0 \rightarrow$  infinito, rispettivamente per le tre distribuzioni ha i seguenti comportamenti:

Weibull	$\Phi(t_0) \rightarrow$ infinito
Gamma	$\Phi(t_0) \rightarrow$ valore finito
Lognormale	$\Phi(t_0) \rightarrow 0$

Ciò significa che il prolungarsi del silenzio sismico comporta:

Weibull	un continuo aumento del pericolo immediato;
Gamma	il raggiungimento di un livello costante di pericolo immediato;
Lognormale	il dissolversi del pericolo immediato su tutto il futuro residuo.

Per un sistema chiuso di faglie il primo comportamento sembra il più credibile.

Le distribuzioni del tipo “esponenziale generalizzata” discendono dal principio della Massima Entropia. L’esponente dell’esponenziale è un polinomio il cui grado eguaglia il numero dei momenti presi in considerazione. Il particolare interesse di queste distribuzioni consiste nella capacità del loro adeguamento ai dati, indipendentemente da qualunque altra considerazione. In ciò consiste il loro pregio, ed anche, ovviamente, il loro limite, in quanto un solo nuovo dato che venisse ad aggiungersi potrebbe cambiare anche sensibilmente la distribuzione. Il loro uso è peraltro molto utile al fine di avere una efficace indicazione sull’andamento dei dati. Questo viene colto con grande precisione dalle distribuzioni stimate, le quali, a seconda del grado dell’esponente, possono avere forme svariate. Il grado dell’esponente è deciso dall’analisi dell’entropia differenziale (Tagliani, 1990) che indica il numero  $n$  dei momenti sperimentali da prendere in considerazione. Per  $n = 1$  il metodo da’ luogo, ovviamente, all’esponenziale semplice.

## 11.5 Risultati

Nelle figure sono riportati i risultati delle elaborazioni; le Figg. 1-4 si riferiscono al trattamento delle osservazioni dirette, mentre i dati indiretti sono rappresentati nelle Figg. 5-8. Per ogni distribuzione sono riportati i grafici delle funzioni di distribuzione  $F(t)$ , delle densità di probabilità  $f(t)$ , dell’hazard rate  $\Phi(t_0)$ ; i valori dei momenti stimati, del logaritmo della funzione di verosimiglianza e di alcuni test statistici (tutti soddisfacenti a bassi valori dell’errore di prima specie) sono invece riassunti in Tab. 3.

Come spesso si è avuto occasione di dire (ad es. Guagenti, 1993; Grandori et al., 1998) i test statistici hanno scarso significato in quanto, qualunque sia la distribuzione assunta come ipotesi purchè non del tutto inidonea a rappresentare i dati, i tests forniscono buoni valori e non danno motivo per rigettare l’ipotesi. Anche l’esame a vista del fitting sembra giudicare abbastanza soddisfacenti tutte le distribuzioni. La stessa lognormale costituirebbe un buon fitting se non fosse l’andamento dell’hazard rate a renderla poco credibile. I valori della funzione di verosimiglianza e l’andamento dell’hazard rate sembrano indicare la distribuzione Weibull come miglior candidata. Inoltre l’ipotesi fisica sulla sottostante struttura sismogenetica, sostanzialmente unica, vuol corroborare l’ipotesi di distribuzione Weibull. La distribuzione di massima entropia va cautamente presa in

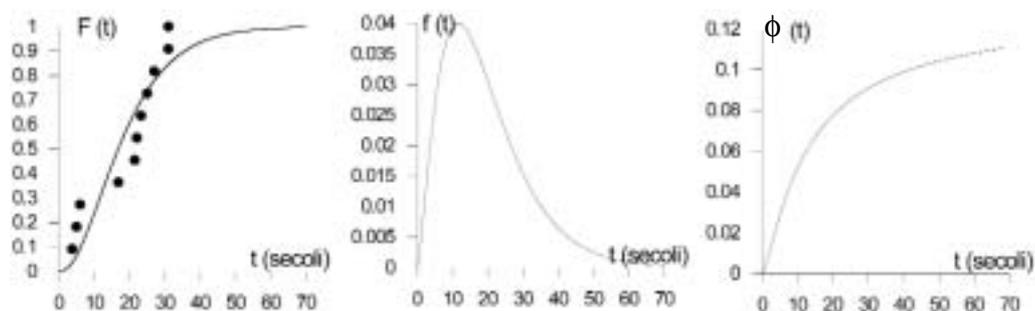


Fig. 1 - Distribuzione gamma su dati diretti.

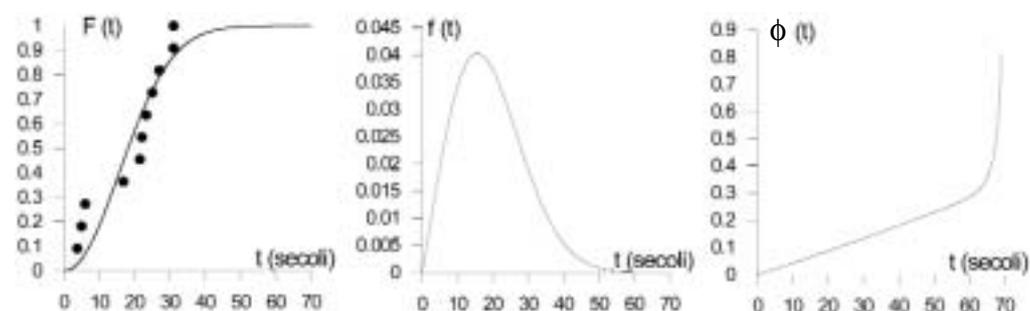


Fig. 2 - Distribuzione Weibull su dati diretti.

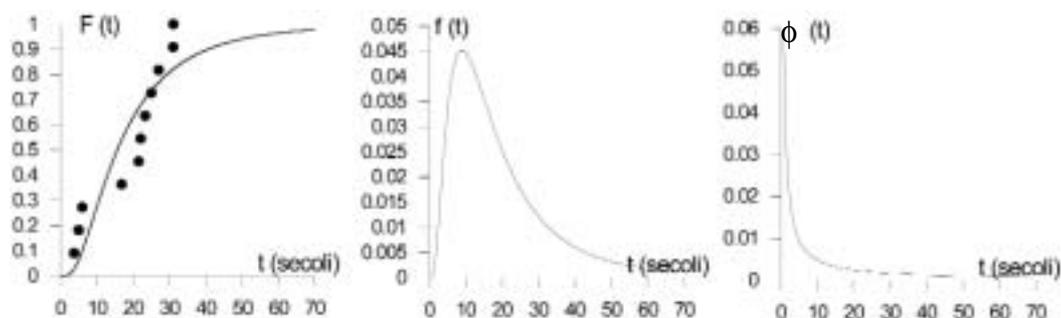


Fig. 3 - Distribuzione Lognormale su dati diretti.

considerazione. Essa è bimodale ed indica un periodo di minor pericolo attorno ai 2000 anni di gap sismico. Ma a corroborare ciò occorrerebbe qualche considerazione fisica e non solo l'accanito adeguamento ai dati proprio delle distribuzioni di massima entropia.

Nella Tab. 4 sono riportati i valori delle previsioni conseguenti alle distribuzioni stimate per le osservazioni dirette. Si sono messe in evidenza le previsioni per i successivi 50, 100 e 1000 anni per i diversi valori di  $t_0$ . La previsione relativa al millennio successivo è significativa per il tipo di eventi presi in considerazione ed anche per la normativa sismica riguardante costruzioni speciali. Le previsioni riguardanti i 50 e 100 anni successivi hanno interesse per quanto riguarda la normativa sismica relativa a costruzioni normali, poichè a tali periodi tipicamente essa fa riferimento.

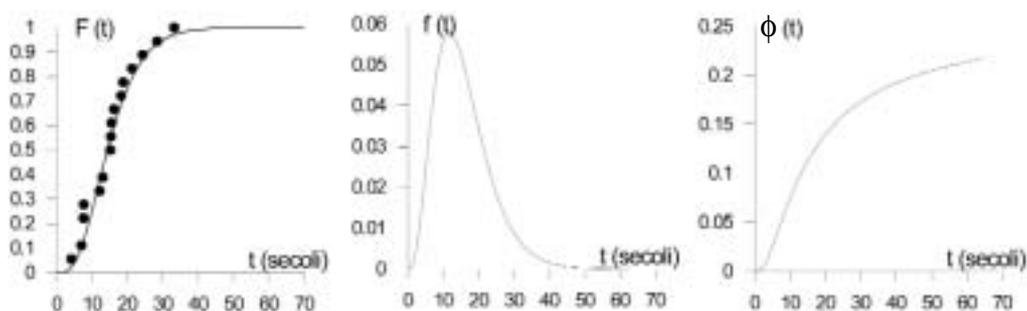


Fig. 4 - Distribuzione esponenziale generalizzata su dati diretti.

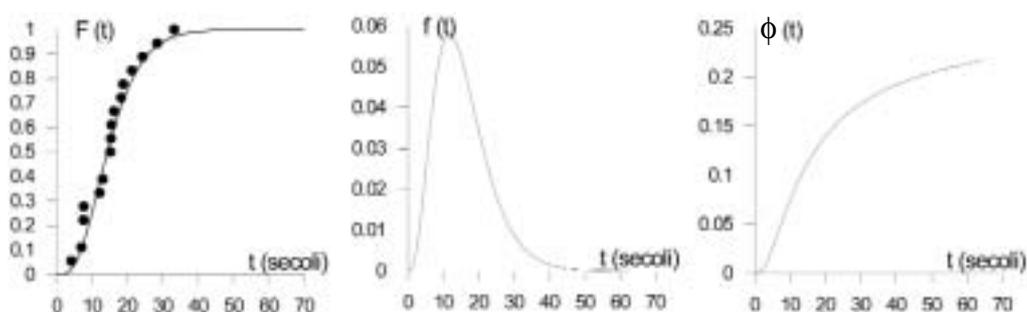


Fig. 5 - Distribuzione gamma su dati indiretti.

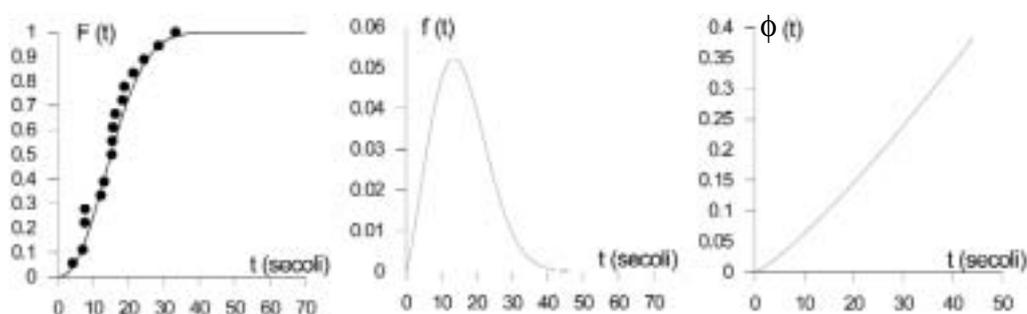


Fig. 6 - Distribuzione Weibull su dati indiretti.

Per quanto riguarda il millennio di previsione, le diverse ipotesi convergono nella previsione di probabilità molto alte. La stessa lognormale non si discosta moltissimo dalle altre. Per quanto riguarda i 50 e 100 anni di previsione, il pericolo sembra diventare consistente dopo i 3000 anni di gap (dell'ordine del 10% o 20%) per poi crescere indefinitamente. Va però notato che la previsione riguarda eventi che possono verificarsi su di una qualsiasi faglia. L'effettivo pericolo in un dato sito può perciò essere consistente anche prima di un lunghissimo gap.

La distribuzione esponenziale generalizzata esaspera questo pericolo, mentre la lognormale (inaccettabile come si è detto) lo minimizza e addirittura lo valuta decrescente da un certo  $t_0$  in poi.

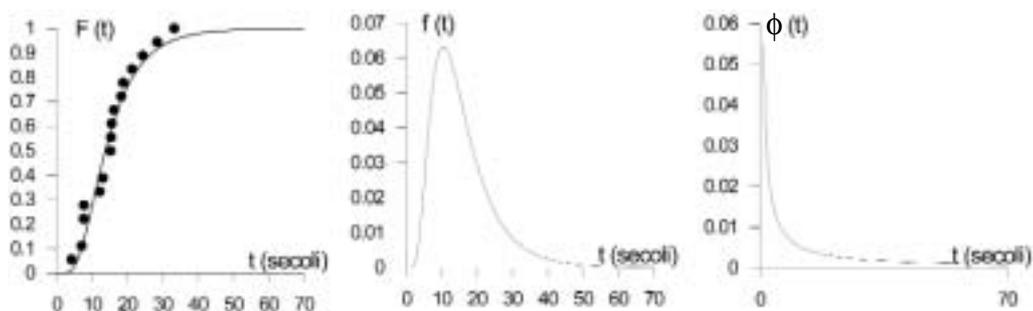


Fig. 7 - Distribuzione Lognormale su dati indiretti.

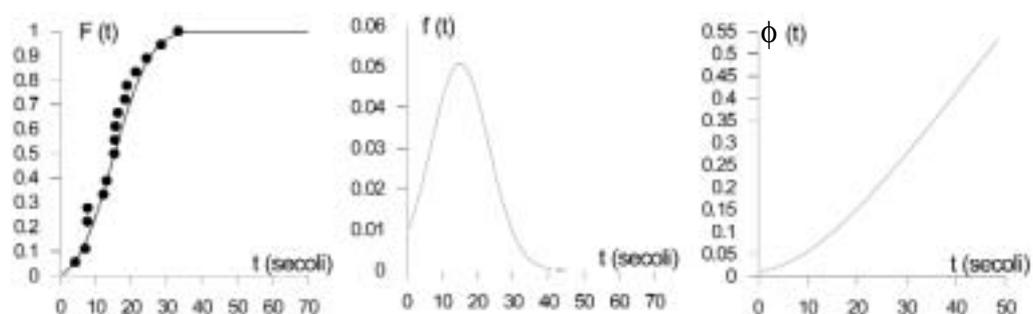


Fig. 8 - Distribuzione esponenziale generalizzata su dati indiretti.

E' interessante il confronto fra queste previsioni e quelle relative all'altro set di dati cui l'indagine è rivolta (osservazioni indirette, in Tab. 5). Si noti intanto che i quattro momenti presi in considerazione nei due sets di dati non sono molto dissimili. Il divario maggiore fra le due elaborazioni riguarda le previsioni ottenute con le esponenziali, che abbiamo detto essere molto sensibili al cambiamento dei dati.

Resta confermata la scarsa credibilità della lognormale e la previsione di consi-

Tab. 3 - Estimatori statistici delle funzioni distribuzione, per dati diretti (D) ed indiretti (I).

Distribuz.	Dati	F.Ver.	Media	C.Var.	Skewness	Curtosis	$\chi^2$	Kolmog	SN*
Gamma	D	-41.499	19.3175	0.6304	1.2609	5.3847	3.0909	0.1945	1.5994
Weibull	D	-40.722	19.2104	0.5106	0.5968	3.1827	3.0909	0.2037	1.5175
Lognorm	D	-42.604	20.6211	0.8610	3.2211	25.847	3.0909	0.2113	1.7229
Exp.Gen.	D	-37.123	momenti	teorici =	sperim.	ottimali	4 mom.		
Gamma	I	-60.772	15.6080	0.4952	0.9904	4.4712	4.2222	0.1438	1.2308
Weibull	I	-60.870	15.6476	0.4763	0.4986	3.0260	2.0000	0.1321	1.2400
Lognorm	I	-61.203	15.7904	0.5665	1.8815	9.8899	3.1111	0.1428	1.3300
Exp.Gen.	I	-61.398	momenti	teorici =	sperim.	ottimali	2 mom.		

Tab. 4 - Probabilità condizionata di accadimento di un evento maggiore su una qualunque delle strutture individuate dalla analisi dei dati diretti, per le diverse distribuzioni, tempo trascorso dall'ultimo evento ( $t_0$ ), e tempo di previsione.

Distribuzione	$t_0$ (secoli)	50 anni	100 anni	1000 anni
<b>Gamma</b>	1.	2.0040080E-03	6.0120244E-03	0.2735471
	3.	9.1930544E-03	1.9407559E-02	0.3411644
	5.	1.3888885E-02	2.9914526E-02	0.3942308
	10.	2.4869101E-02	5.1047128E-02	0.4829843
	15.	3.1746041E-02	6.5255731E-02	0.5361552
	20.	3.7974648E-02	7.5949296E-02	0.5721518
	40.	4.6154171E-02	9.2307426E-02	0.6307694
<b>Weibull</b>	1.	2.0040080E-03	5.0100200E-03	0.2184369
	3.	6.1037634E-03	1.4242114E-02	0.2828077
	5.	1.0504199E-02	2.2058820E-02	0.3424370
	10.	2.0858901E-02	4.2944781E-02	0.4736196
	15.	3.1948853E-02	6.5495178E-02	0.5814696
	20.	4.4289026E-02	8.6247087E-02	0.6666667
	40.	9.9998809E-02	0.1666667	0.8666663
<b>Lognormale</b>	1.	1.0000000E-03	3.0000000E-03	0.3190000
	3.	9.1185411E-03	2.1276597E-02	0.3941236
	5.	1.8143008E-02	3.8420491E-02	0.4429029
	10.	3.1680442E-02	6.1983492E-02	0.4903581
	15.	3.4482770E-02	6.7049854E-02	0.4942529
	20.	3.2432497E-02	6.4864837E-02	0.4837838
	40.	2.9125843E-02	4.8543651E-02	0.4271842
<b>Esponenziale Generalizzata</b>	1.	9.0089999E-03	1.9742008E-02	0.2632352
	3.	1.5645124E-02	3.2173511E-02	0.2607715
	5.	1.8400993E-02	3.6426704E-02	0.2392017
	10.	1.2633791E-02	2.4489690E-02	0.2117701
	15.	1.0090120E-02	2.0314781E-02	0.4005112
	20.	1.9737318E-02	4.1431319E-02	0.8511706
	40.	instabilità	numeriche	

stente pericolo ad iniziare dai 3000 anni di gap sismico.

## 11.6 Conclusioni

Le elaborazioni presentate consentono di affermare che:

- 1) le osservazioni DIRETTE portano a previsioni dal 80-100% inferiori rispetto a quanto previsto con le INDIRETTE: il fatto che il secondo set di dati dia probabilità maggiori era peraltro prevedibile, sia per la minor dispersione dei dati sia per le considerazioni energetiche che sorreggono l'analisi.
- 2) le diverse forme funzionali portano a previsioni non molto dissimili fino a 1500 anni di Telapsed (vedi Fig. 9, riferentesi alla previsione nei prossimi 50 anni), con l'ecce-

Tab. 5 - Probabilità condizionata di accadimento di un evento maggiore su una qualunque delle strutture individuate dalla analisi dei dati indiretti, per le diverse distribuzioni, tempo trascorso dall'ultimo evento ( $t_0$ ), e tempo di previsione.

Distribuzione	$t_0$ (secoli)	50 anni	100 anni	1000 anni
<b>Gamma</b>	1.	1.0000000E-03	2.0000001E-03	0.3090000
	3.	5.0352467E-03	1.2084591E-02	0.4209467
	5.	1.4568157E-02	3.0176902E-02	0.5161290
	10.	3.7483264E-02	7.4966528E-02	0.6693441
	15.	5.3763393E-02	0.1075268	0.7483871
	20.	6.8825752E-02	0.1336032	0.7935222
	40.	0.1249981	0.1249981	0.8750018
<b>Weibull</b>	1.	2.0040080E-03	6.0120244E-03	0.2935871
	3.	8.1549454E-03	1.7329255E-02	0.3853211
	5.	1.3815087E-02	2.9755577E-02	0.4697131
	10.	3.1830244E-02	6.4986713E-02	0.6445623
	15.	5.2104253E-02	0.1022044	0.7695391
	20.	7.0895500E-02	0.1380597	0.8544777
	40.	instabilità	numeriche	
<b>Lognormale</b>	1.	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.3370000
	3.	3.0060117E-03	8.0160312E-03	0.4569138
	5.	1.3374486E-02	3.0864194E-02	0.5534979
	10.	4.2699751E-02	8.6776890E-02	0.6721764
	15.	5.5299513E-02	0.1105992	0.7050691
	20.	5.8823530E-02	0.1134452	0.7100840
	40.	4.7621209E-02	9.5239580E-02	0.6666657
<b>Exponenziale Generalizzata</b>	1.	6.1110039E-03	1.2880800E-02	0.2806030
	3.	9.2634093E-03	1.9370368E-02	0.3579061
	5.	1.3403691E-02	2.7803268E-02	0.4387869
	10.	2.8325245E-02	5.7616733E-02	0.6320631
	15.	4.9113739E-02	9.8053195E-02	0.7820264
	20.	7.4106120E-02	0.1451904	0.8798835
	40.	0.1869430	0.3458110	0.9906417

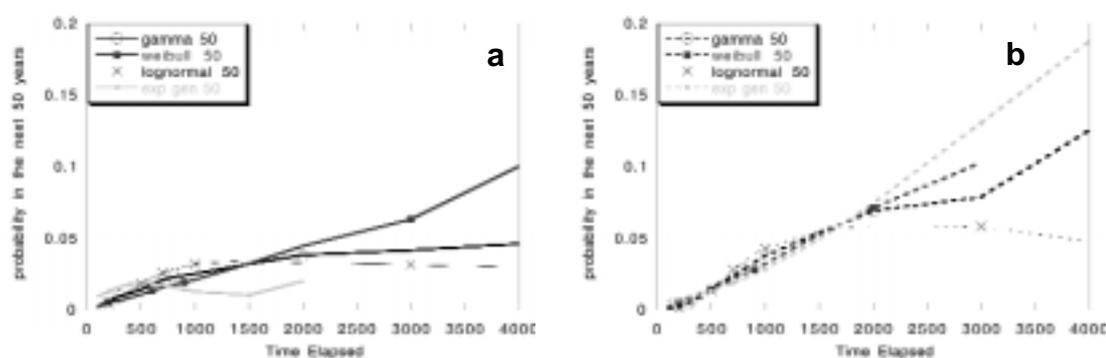


Fig. 9 - Andamento della previsione relativa ai prossimi 50 anni, in funzione del tempo trascorso dall'ultimo evento: a) distribuzioni ottenute con i dati diretti, b) distribuzioni ottenute con i dati indiretti.

zione della esponenziale generalizzata; la previsione pertanto non risulta molto influenzata dal tipo di distribuzione; si auspica una attività futura di censimento più completo delle datazioni, per rendere via via più significativo il campione statistico.

3) le osservazioni INDIRETTE sono molto congruenti tra loro; la forma funzionale è praticamente ininfluenza fino a circa 2000 anni (un 30% in più quindi del Tmedio) poi divergono le code.

Il divario osservato fra le diverse ipotesi e fra i due sets di dati dà una prima possibile valutazione sull'incertezza legata alla previsione.

Il sistema proposto appare un valido modo per tarare una funzione di distribuzione da applicare alle singole strutture e ricavarne quindi la probabilità che avvenga sulla struttura un terremoto, in un determinato periodo da oggi, e noto il tempo trascorso dall'ultimo evento.

### **Bibliografia**

- Barchi M., G. Lavecchia, F. Galadini, P. Messina, A. M. Michetti, L. Peruzza, A. Pizzi, E. Tondi, E. Vittori (a cura di) (1999): *Sintesi delle conoscenze sulle faglie attive in Italia Centrale: parametrizzazione ai fini della caratterizzazione della pericolosità sismica*. CNR-GNDT, Volume congiunto dei Progetti 5.1.2, 6a2, 5.1.1, Esagrafica, Roma, in stampa.
- Grandori G., Guagenti E., Tagliani A. (1998): Seismic Hazard Analysis: how to measure uncertainty? *Computers and Structures*, **67**, 17-51.
- Guagenti Grandori E. (1993): Rischio sismico: metodo di Cornell generalizzato. *Ingegneria sismica*, **X/2**, 14-21.
- Peruzza L. (coord.) (1998): Progetto 6a2 Metodi Innovativi per la Stima dell'HAZARD (MISHA) - Applicazione all'Italia Centrale. CNR-GNDT Progetto Esecutivo 1998, e Internet: [http://macrisk1.ogs.trieste.it/MISHA\\_web/home.html](http://macrisk1.ogs.trieste.it/MISHA_web/home.html)
- Peruzza L. (a cura di) (1999a): *Parametrizzazione degli elementi sismogenetici assoggettabili ad un trattamento time-dependent*. Relazione esterna OGS18/99 OGA6, Trieste, 12 pp., e Internet: [http://macrisk1.ogs.trieste.it/MISHA\\_web/text/fase1.html](http://macrisk1.ogs.trieste.it/MISHA_web/text/fase1.html)
- Peruzza L. (1999b) Modello di segmentazione per l'Italia Centrale: dal consenso sulle strutture, alla probabilità di accadimento di un terremoto maggiore. In questo volume.
- Tagliani A. (1990): On the existence of maximum entropy distributions with four and more assigned moments. *Prob. Eng. Mech.*, **4**, 167-170.