

# Sismologia Emotiva: Un'Analisi sulla Percezione dei Terremoti

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11492224>

06 Giugno 2024

Siamo Antonio Cola e Rosario Urso, laureati magistrali in Scienze Statistiche per le Decisioni presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II. Per le nostre tesi di laurea abbiamo condotto un'indagine per analizzare la percezione degli individui in relazione agli eventi sismici. Il sondaggio, iniziato subito dopo l'attività sismica nei Campi Flegrei, dal 31 ottobre al 16 novembre 2023, ha riguardato un campione selezionato tramite schema snowball sampling.

Nella ricerca sono stati esaminati aspetti socio-demografici, percezione, mobilità, informazione, fiducia nelle istituzioni ed impatti economico-finanziari. I risultati hanno evidenziato diverse reazioni basate su sesso, lavoro, reddito ed altro, sottolineando l'importanza di un approccio personalizzato nella gestione delle emergenze sismiche. Questo studio potrebbe fornire spunti preziosi per le autorità e le organizzazioni incaricate alla gestione delle emergenze sismiche, evidenziando l'importanza di considerare la diversità delle percezioni individuali nelle strategie di comunicazione e intervento.

Antonio Cola:

 antonio-cola

 antonio-cola

 antoniocola.uni@gmail.com

Rosario Urso:

rosario-urso 

rosariourso 

rosario\_urso@hotmail.it 

# Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Analisi Esplorativa</b>	<b>2</b>
2.1	Distribuzione delle Variabili . . . . .	2
2.2	Correlazione . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Modelli</b>	<b>8</b>
3.1	Item Selection . . . . .	8
3.2	Graded Response Model . . . . .	8
3.3	Test . . . . .	11
3.4	Regressione Lineare Multipla . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>15</b>

# 1 Introduzione

Gli eventi sismici, rappresentano una delle principali cause di stress ambientale per le popolazioni che vivono in aree ad alta sismicità. Il *terremoto*, non è solo un fenomeno naturale di grande impatto fisico, ma anche una fonte di stress psicologico e sociale, che può influenzare profondamente il benessere degli individui. La percezione dei terremoti e le risposte emotive a essi sono variabili critiche, che determinano il livello di stress percepito, influenzando sia il comportamento immediato durante l'evento che la capacità di recupero nel lungo termine.

Questo studio, condotto da Antonio Cola e Rosario Urso presso LAsT<sup>1</sup>, si propone di analizzare in dettaglio la percezione e la risposta emotiva degli individui agli eventi sismici. L'indagine è stata avviata in seguito all'attività sismica nei Campi Flegrei, raccogliendo dati dal 31 ottobre al 16 novembre 2023 mediante uno schema di campionamento a valanga (snowball sampling).

La ricerca ha esaminato vari aspetti, tra cui le caratteristiche socio-demografiche, la percezione del rischio sismico, la mobilità, il livello di informazione, la fiducia nelle istituzioni e gli impatti economico-finanziari. Questi fattori, sono stati considerati per comprendere meglio come diversi gruppi di persone percepiscono e reagiscono, agli eventi sismici. L'obiettivo principale è stato quello di identificare le componenti del costrutto latente *Stress da Terremoto* e di valutare le differenze di percezione e risposta in base a variabili come sesso, stato lavorativo, estero, stato civile, livello di istruzione e componenti della famiglia. Ad esempio, le donne hanno riportato livelli più alti di stress e ansia rispetto agli uomini, coerentemente con la letteratura esistente che evidenzia una maggiore vulnerabilità femminile in situazioni di crisi (F. Hou et al., 2020 [8], N. Salari et al., 2020 [16], F. Thibaut et al., 2020 [21]). La stabilità economica, rappresentata dal lavoro, è risultata essere un fattore che contribuisce ad aumentare lo stress percepito, probabilmente a causa delle responsabilità aggiuntive e delle preoccupazioni legate alla sicurezza del posto di lavoro.

Questo studio non solo contribuisce alla comprensione scientifica dello stress indotto dai terremoti, ma offre anche spunti pratici per le autorità e le organizzazioni incaricate della gestione delle emergenze sismiche. Considerare la diversità delle percezioni individuali e delle risposte emotive può migliorare le strategie di comunicazione e intervento, rendendole più efficaci e mirate. Inoltre, i risultati possono informare la progettazione di programmi di supporto psicologico post-terremoto, adattandoli alle esigenze specifiche dei vari gruppi demografici.

In sintesi, l'indagine condotta rappresenta un passo importante nella comprensione del fenomeno dello Stress da Terremoto, offrendo una base solida per future ricerche e interventi mirati a mitigare l'impatto psicologico dei terremoti sulle popolazioni esposte.

---

<sup>1</sup>Laboratory for Statistical Data Analysis (LAsT) - Università degli Studi di Napoli Federico II.

## 2 Analisi Esplorativa

È cruciale condurre un'analisi esplorativa preliminare per comprendere la distribuzione dei dati e identificare tendenze, pattern e potenziali associazioni tra le variabili di interesse. Nella prima parte dell'analisi, ci siamo concentrati sulla distribuzione di 7 item<sup>2</sup> relativi alla percezione del terremoto. È emerso che la percezione degli eventi sismici varia considerevolmente tra i partecipanti allo studio. Successivamente, sono state esaminate covariate di diversa natura. Le variabili socio-demografiche hanno rivelato differenze tra gruppi di età, generi e livelli di istruzione dei partecipanti. La mobilità è stata esaminata in termini di residenza, distanza dalle aree sismiche e abitudini di viaggio. Si è riscontrato che le informazioni disponibili ai partecipanti e il loro livello di fiducia nelle fonti informative sono variabili influenti. Inoltre, sono state considerate le condizioni economiche e finanziarie degli individui, inclusi reddito e occupazione.

L'analisi esplorativa ha rivelato un'ampia gamma di risposte e comportamenti tra gli individui riguardo alla percezione del terremoto e alle covariate analizzate. Questa eterogeneità sottolinea l'importanza di applicare successivamente modelli dell'*Item Response Theory (IRT)* per ottenere una comprensione più approfondita di come queste variabili influenzino la percezione del terremoto e di come possano essere utilizzate per migliorare l'accuratezza delle misurazioni delle abilità individuali in relazione agli eventi sismici. L'analisi esplorativa ha fornito una solida base per l'analisi successiva basata sui modelli IRT, contribuendo così a una comprensione più completa del fenomeno in studio. Il questionario sottende un singolo tratto latente supportato dalle analisi statistiche preliminari.

### 2.1 Distribuzione delle Variabili

Le prime distribuzioni a essere analizzate sono quelle relative alle variabili dipendenti (item<sup>3</sup>) come mostrano i diagrammi a barre riportati in figura:

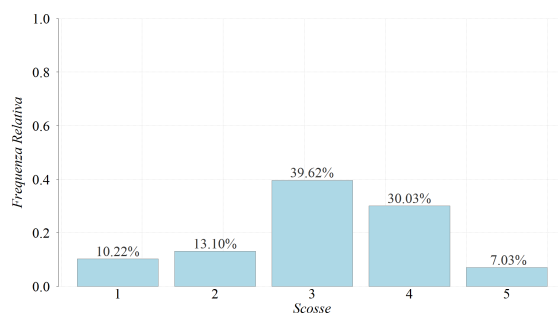


Figura 1: Distribuzione Scosse

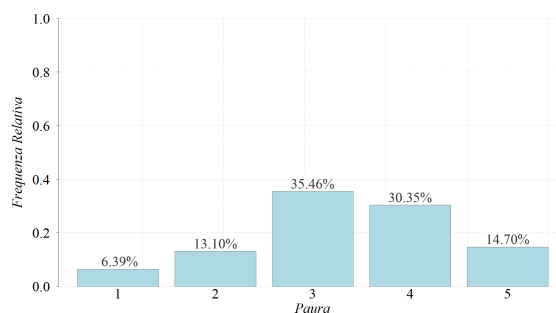


Figura 2: Distribuzione Paura

<sup>2</sup>scosse, paura, ansia, sintomi fisiologici, tempestività delle decisioni, insonnia, preoccupazione sismica

<sup>3</sup>In questo caso, gli item sono dei dati ordinali. Con dato ordinale si intende un particolare tipo di dato caratterizzato da una scala di categorie, dove l'ordine delle categorie ha significato e la distanza tra ciascuna categoria non è necessariamente uniforme e/o quantificabile. La scala di categorie di risposta iniziale (Molto Basso, Basso, Medio, Alto, Molto Alto) è stata successivamente codificata in: 1, 2, 3, 4, 5.

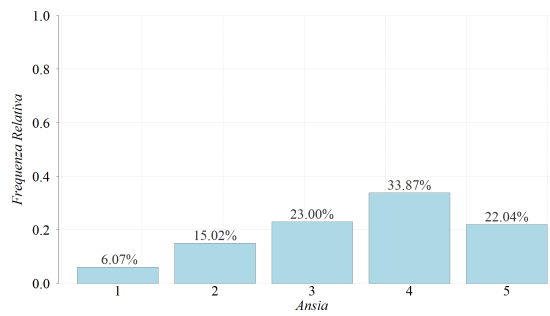


Figura 3: Distribuzione Ansia

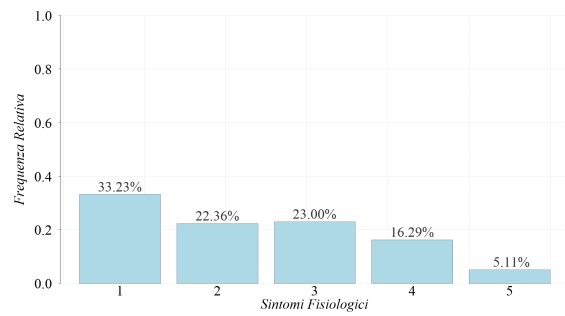


Figura 4: Distribuzione Sintomi Fisiologici

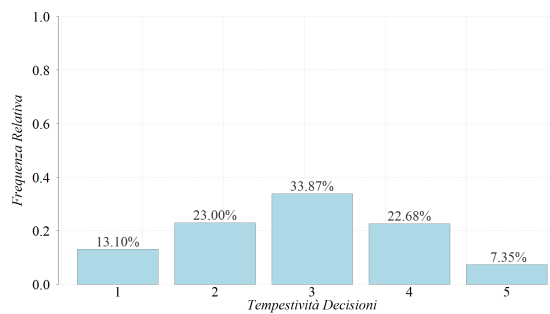


Figura 5: Distribuzione Tempestività Decisioni

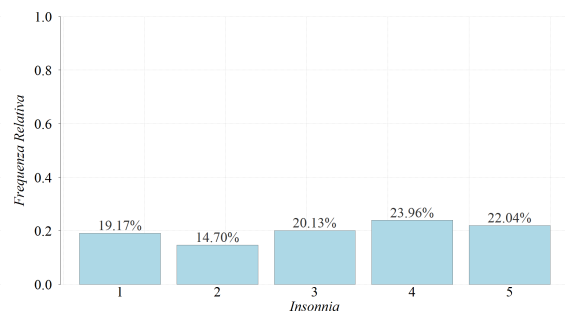


Figura 6: Distribuzione Insonnia

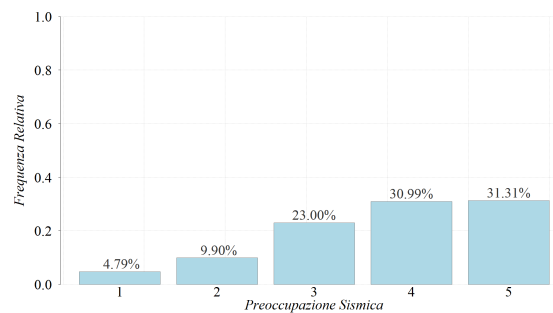


Figura 7: Distribuzione Preoccupazione Sismica

L'item *scosse* riflette la percezione e la frequenza con cui gli individui avvertono le scosse sismiche. La maggior parte delle persone ha un'alta consapevolezza delle scosse, con il 39.62% che segnala una media frequenza (valore 3) e il 30.03% che segnala una frequenza alta (valore 4). Questo suggerisce che la consapevolezza continua delle scosse è un elemento centrale nello stress da terremoto, poiché può mantenere elevati i livelli di allerta.

L'item *paura* misura il livello di timore associato ai terremoti. I livelli medio-alti (valori 3 e 4) sono prevalenti, indicando che la paura è un'emozione comune e significativa tra gli individui esposti a scosse sismiche. La paura intensa (valore 4) è riportata dal 30.35% dei partecipanti, suggerendo che le esperienze sismiche influenzano notevolmente il benessere psicologico.

L'item *ansia* valuta lo stato ansioso generale associato ai terremoti. I dati mostrano che l'ansia è ampiamente diffusa, con oltre la metà dei rispondenti che dichiara un livello d'an-

sia sensibilmente alto. Questo riflette una risposta psicologica persistente e pervasiva agli eventi sismici, con molti individui che vivono in uno stato di ansia costante.

L'item *sintomi fisiologici* cattura le manifestazioni fisiche dello stress, come tachicardia, sudorazione e tremori. Il 33.23% delle risposte si colloca nel valore più basso (valore 1), suggerendo che non tutti gli individui sperimentano sintomi fisici gravi. Tuttavia, una porzione significativa, il 23%, segnala sintomi moderati (valore 3), indicando che per una parte considerevole della popolazione, lo stress da terremoto si manifesta anche a livello somatico.

L'item *tempestività delle decisioni* misura la prontezza e la rapidità con cui gli individui prendono decisioni durante le emergenze sismiche. I dati mostrano una distribuzione abbastanza uniforme, con una leggera prevalenza dei livelli medio-bassi (valori 2 e 3), suggerendo che mentre alcune persone si sentono in grado di agire prontamente, altre potrebbero essere indecise o rallentate dall'ansia.

L'item *insonnia* riflette la presenza di disturbi del sonno causati dallo stress sismico. I dati mostrano che l'insonnia è un problema significativo, con il 23.96% dei partecipanti che riporta un livello elevato di insonnia (valore 4) e il 22.04% un livello molto elevato (valore 5). Questo indica che una parte considerevole della popolazione sperimenta difficoltà a dormire, risvegli notturni frequenti o sonno non ristoratore a causa dello stress indotto dai terremoti.

L'item *preoccupazione sismica* valuta il grado di preoccupazione costante riguardo ai terremoti. I dati rivelano che una parte significativa dei partecipanti è molto preoccupata, con oltre il 60% che dichiara un livello significativamente elevato di preoccupazione. Questo suggerisce che la preoccupazione sismica è una componente cruciale dello stress da terremoto, influenzando la qualità della vita quotidiana e il benessere psicologico.

L'analisi complessiva degli item mostra che lo Stress da Terremoto è un costrutto complesso. La percezione delle scosse, la paura e l'ansia sono particolarmente pronunciate, indicando che gli eventi sismici inducono una risposta emotiva intensa e prolungata. La consapevolezza continua delle scosse sembra alimentare questo stato di allerta, contribuendo a mantenere alti i livelli di stress. I sintomi fisiologici, sebbene meno prevalenti, rappresentano comunque una componente importante dello stress da terremoto per una parte della popolazione. La capacità decisionale durante le emergenze è variabile, riflettendo una gamma di risposte influenzate dall'ansia e dalla paura. L'insonnia e la preoccupazione sismica, con le loro alte percentuali di risposte elevate e molto elevate, sottolineano l'impatto significativo dello stress sismico sulla salute mentale e fisica delle persone.

Successivamente è stata analizzata la distribuzione delle principali variabili esplicative, come mostra la tabella seguente:

<b>Variabili</b>	<b>Categorie</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Sesso	Femmina	258	82.69
	Maschio	54	17.31
Lavoro	Lavoratore	183	58.65
	Non Lavoratore	129	41.35
Estero	No	45	14.42
	Sì	267	85.58
Single	No	152	48.72
	Sì	160	51.28
Studio	Laureato	149	47.76
	Non Laureato	163	52.24
Componenti Famiglia	Fino a 3	141	45.19
	Oltre 3	171	54.81

Tabella 1: Distribuzione delle Variabili

L'analisi delle variabili socio-demografiche presenti nella tabella fornisce un quadro dettagliato della popolazione in esame, consentendo di comprendere meglio le caratteristiche dei partecipanti allo studio sullo Stress da Terremoto. Le variabili considerate includono sesso, lavoro, estero, stato civile, livello di istruzione e numero di componenti della famiglia.

Per quanto riguarda la distribuzione del sesso, la maggioranza dei partecipanti è di sesso femminile, con una percentuale dell'82.69% (n=258), mentre i maschi rappresentano il 17.31% (n=54).

È stato osservato che i sondaggi tendono a ricevere più risposte dalle donne rispetto agli uomini. Questo fenomeno è stato evidenziato da William G. Smith, il quale ha notato una marcata differenza di genere nella partecipazione ai sondaggi online, con le donne che mostrano tassi di risposta significativamente più alti rispetto agli uomini (W. G. Smith, 2008 [20]).

La variabile lavoro distingue tra lavoratori e non lavoratori. I dati mostrano che il 58.65% (n=183) dei partecipanti è occupato, mentre il 41.35% (n=129) non lavora. Questo fattore può avere un impatto significativo sul livello di stress percepito, poiché la stabilità economica e l'occupazione possono influenzare la capacità di far fronte agli eventi sismici. L'estero è un'altra variabile considerata, con l'85.58% (n=267) dei partecipanti che è stato all'estero e il 14.42% (n=45) che non è mai stato fuori dal paese. Viaggiare all'estero potrebbe indicare una maggiore esposizione a esperienze diverse e potenzialmente una maggiore resilienza psicologica, influenzando la risposta allo stress da terremoto.

L'analisi sullo stato civile mostra una distribuzione quasi equamente suddivisa tra single e non single. Il 51.28% (n=160) dei partecipanti è single, mentre il 48.72% (n=152) non lo è. Lo stato civile può influenzare i livelli di stress percepito, poiché le persone single potrebbero avere meno supporto sociale durante e dopo un evento sismico rispetto a quelle che vivono in coppia o hanno una famiglia.

Il livello di istruzione è un'altra variabile chiave, con il 47.76% (n=149) dei partecipanti laureati e il 52.24% (n=163) non laureati. Il livello di istruzione può influenzare la capa-

cità di comprendere le informazioni riguardanti la gestione del rischio sismico e adottare comportamenti appropriati durante un terremoto.

Infine, è stato analizzato il numero di componenti della famiglia, con il 54.81% (n=171) dei partecipanti che vive in famiglie con più di tre membri, mentre il 45.19% (n=141) vive in famiglie più piccole, con fino a tre membri. Le dimensioni della famiglia possono influenzare i livelli di stress, poiché le famiglie più numerose potrebbero avere più risorse e supporto interno, ma anche maggiori preoccupazioni per la sicurezza di tutti i membri durante un evento sismico.

In sintesi, l'analisi delle variabili socio-demografiche fornisce un contesto fondamentale per comprendere i dati relativi allo Stress da Terremoto. Le differenze in sesso, stato lavorativo, esperienze internazionali, stato civile, livello di istruzione e dimensioni della famiglia sono tutte variabili che possono influenzare significativamente come gli individui percepiscono e reagiscono allo stress indotto dagli eventi sismici. Queste variabili devono essere considerate attentamente nell'interpretazione dei dati sullo stress da terremoto, poiché possono moderare o mediare le relazioni tra le esperienze sismiche e le risposte psicologiche degli individui.

## 2.2 Correlazione

La conoscenza della correlazione tra variabili è importante, poiché ci permette di identificare la relazione tra due o più variabili quantitative. Quest'informazione è utile per comprendere il comportamento dei dati e può essere utilizzata per prevedere il comportamento di una variabile in base alla conoscenza di un'altra. In questo caso, sono state analizzate le correlazioni tra i soli item. I risultati sono riportati nella seguente matrice di correlazione:

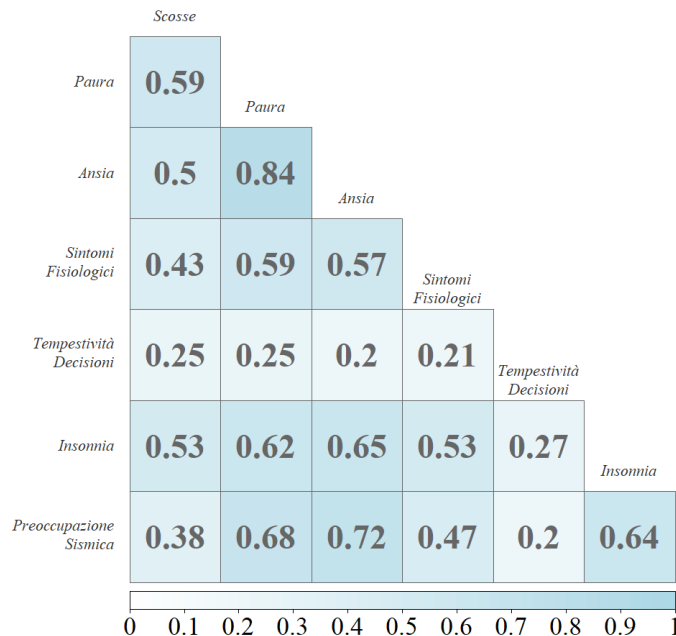


Figura 8: Matrice di Correlazione



Generalmente, la matrice di correlazione è una matrice simmetrica, ossia una matrice quadrata che è uguale alla sua trasposta. Ciò significa che l'elemento  $(i, j)$  nella matrice è uguale all'elemento  $(j, i)$  nella stessa matrice. In questo caso, per evitare dati ridondanti, la matrice di correlazione è stata ridotta a una triangolare inferiore. Successivamente sono stati eliminati i dati, con valore unitario<sup>4</sup>, presenti sulla diagonale principale. I valori delle correlazioni degli item sono tutti positivi, con un minimo di 0.20 e un massimo 0.84. Si può quindi affermare che vi è una dipendenza lineare positiva tra tutti gli item a due a due. In altre parole un item aumenta all'aumentare di un altro, in misura del coefficiente di correlazione, ricordando che quest'ultimo è:  $-1 \leq \rho \leq 1$ .

Successivamente, è stato calcolato il coefficiente alpha di Cronbach, ottenendo  $\alpha = 0.87$ . Il coefficiente alpha di Cronbach, o semplicemente alpha di Cronbach, è una misura di affidabilità interna di uno strumento di misurazione psicometrica (L. J. Cronbach [6]). È utilizzato principalmente nel campo della ricerca e della valutazione psicologica per valutare la coerenza interna di un insieme di domande o item che costituiscono uno strumento di misurazione, come un questionario o un test.

Il coefficiente alpha di Cronbach misura quanto le diverse domande o item all'interno dello strumento siano correlati tra loro, fornendo un'indicazione di coesione interna. Un valore alpha più alto indica una maggiore coerenza interna, suggerendo che le domande misurino efficacemente la stessa caratteristica o costrutto.

L'alpha di Cronbach può essere calcolato come segue:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_{y_i}^2}{\sigma_y^2} \right)$$

dove  $k$  rappresenta il numero di item,  $\sigma_{y_i}^2$  la varianza associata a ciascun item  $i$  e  $\sigma_y^2$  la varianza associata ai punteggi totali<sup>5</sup>.

Un valore di alpha di Cronbach di 0.87 è generalmente considerato piuttosto buono, tenendo presente che quest'ultimo è compreso nell'intervallo  $0 \leq \alpha \leq 1$  e indica una buona affidabilità interna dello strumento di misurazione utilizzato nella ricerca o valutazione. Questo valore suggerisce che le domande o gli item inclusi nello strumento siano coerenti tra loro e misurino in modo affidabile la stessa caratteristica o costrutto latente.

Tuttavia, è possibile ottenere un valore dell'alpha di Cronbach più elevato escludendo alcuni item, come vedremo nel paragrafo successivo.

---

<sup>4</sup>I valori unitari, presenti sulla diagonale principale della matrice di correlazione, sono relativi alla correlazione di ciascun item con se stesso.

<sup>5</sup>I punteggi totali sono ottenuti nel seguente modo:  $y = \sum_{i=1}^k y_i$

## 3 Modelli

### 3.1 Item Selection

La selezione degli item è una componente cruciale nella costruzione dei modelli dell'Item Response Theory (IRT) utilizzati per misurare le abilità e le competenze degli individui. L'obiettivo principale di questa fase è identificare un insieme ottimale di item che massimizzi la qualità delle misurazioni riducendo al contempo il carico computazionale.

Nel processo di selezione degli item sono state impiegati due approcci distinti: il metodo "bruteforce" e il metodo "backward" (Cola et al., 2024 [5]). È importante notare che entrambi gli approcci hanno portato all'identificazione della stessa combinazione di item come la migliore per misurare il costrutto latente: "Stress da Terremoto". Questa combinazione include i seguenti item: paura, ansia, insonnia e preoccupazione sismica, selezionando un totale di 4 item sui 7 inizialmente considerati.

Un aspetto importante di questa selezione è l'osservazione che il coefficiente alpha di Cronbach, una misura dell'affidabilità interna, è aumentato da 0.87 a 0.89 dopo la selezione ottimizzata degli item. Questo risultato suggerisce che la combinazione identificata di item offre una maggiore coerenza interna nelle risposte degli individui, aumentando la coerenza interna della misurazione. Inoltre, l'InfoRatio, che riflette il rapporto tra il numero di item informativi e il numero totale di item considerati, è pari a 1, confermando che la combinazione selezionata di item ha massima informatività riguardo al costrutto dello "Stress da Terremoto".

Questi risultati indicano che la selezione ottimizzata degli item ha portato a una misurazione più accurata e affidabile del costrutto, evidenziando l'importanza di una selezione attenta degli item nel contesto dell'analisi utilizzando i modelli IRT.

### 3.2 Graded Response Model

In numerose applicazioni, gli item sono caratterizzati da più di due categorie di risposta, che sono disposte in un ordine specifico. Consideriamo gli item politomici, rappresentati dai valori  $Y_{pi}$  che appartengono all'insieme  $\{0, 1, \dots, k\}$ , dove  $p$  varia da 1 a  $P$  e  $i$  da 1 a  $I$ . L'insieme  $\{0, 1, \dots, k\}$  simboleggia il continuum sequenziale di queste categorie. Per chiarezza, adottiamo un numero costante di categorie di risposta,  $k + 1$ , nella formulazione dei modelli. Tuttavia, va notato che il numero effettivo di categorie di risposta può variare tra gli item, con le categorie specifiche per l'item  $i$  indicate come  $\{0, 1, \dots, k_i\}$ .

Uno dei modelli ordinali più ampiamente utilizzati è il Graded Response Model di Samejima (Samejima, 1995 [17], 2016 [18]). Questo modello consiste di modelli binari indipendenti per categorizzare le risposte. Immaginiamo che le categorie di risposta denotino i livelli di achievement in un test. Queste possono essere divise in due gruppi:  $\{0, 1, \dots, r-1\}$  che rappresentano una bassa performance e  $\{r, \dots, k\}$  per una performance alta, con "bassa" e "alta" che indicano performance "sotto la categoria  $r$ " e "alla o sopra la categoria  $r$ ", rispettivamente. La divisione in gruppi di performance bassa e alta è definita utilizzando un modello binario che incorpora l'abilità individuale,  $\theta_p$  (in questo caso: "Stress da Terremoto"), e una soglia che varia a seconda della categoria in cui avviene la divisione.

$$P(Y_{pi}^{(r)} = 1 | \theta_p, \alpha_i, \delta_{ir}) = F(\alpha_i(\theta_p - \delta_{ir})) \quad r = 1, \dots, k$$

Pertanto, per ciascuna variabile di divisione, la dicotomizzazione in categorie  $\{0, 1, \dots, r-1\}$  e  $\{r, \dots, k\}$  presuppone l'applicazione di un modello binario. Fondamentalmente, questi

modelli operano contemporaneamente, utilizzando la stessa abilità individuale  $\theta_p$  ma con diversi parametri di posizione  $\delta_{ir}$ . Dove  $\theta_p$  sono definiti parametri delle persone e indicano il livello di abilità di ciascun individuo,  $\delta_{ir}$  sono definiti parametri di localizzazione e indicano la posizione di ciascun item sul tratto latente continuo e  $\alpha_i$  sono definiti parametri di discriminazione e indicano quanto bene un item è in grado di discriminare tra i diversi livelli di abilità.

Una riformulazione diretta porta al modello cumulativo:

$$P(Y_{pi} \geq r | \theta_p, \alpha_i, \delta_i) = F(\alpha_i(\theta_p - \delta_{ir})), \quad r = 1, \dots, k$$

Nella formulazione, i parametri di posizione sono assemblati nel vettore  $\delta_i^T = (\delta_{i1}, \dots, \delta_{ik})$ . Originariamente introdotta da Samejima come normal-ogive model, la funzione  $F(\cdot)$  rappresentava la distribuzione normale. L'adattamento logistico impiega la funzione logistica  $F(\cdot)$ .

Il modello descritto è costruito da modelli binari basati sulle dicotomie formate dalle categorie  $Y_{pi} < r$  e  $Y_{pi} \geq r$ . Di conseguenza, i parametri di posizione sono ordinati, rendendo necessario che  $\delta_{ir} \leq \delta_{i,r+1}$  per tutte le categorie.

$$P(Y_{pi} = r) = P(Y_{pi} \geq r) - P(Y_{pi} \geq r+1) = F(\alpha_i(\theta_p - \delta_{ir})) - F(\alpha_i(\theta_p - \delta_{i,r+1})) \geq 0$$

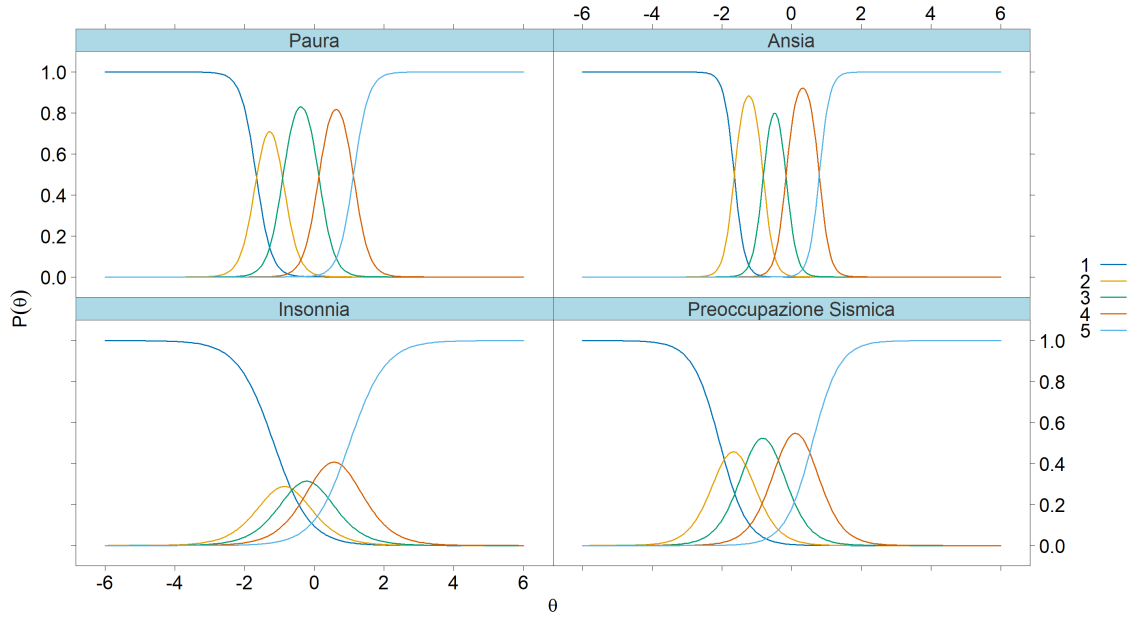


Figura 9: Funzioni di Probabilità degli Item

È interessante esaminare le probabilità di rispondere a categorie specifiche in una scala di risposta di un item. Queste probabilità sono visualizzate graficamente nelle Categories Response Curves (CRC). Ciascuna curva simmetrica rappresenta la probabilità di sostenere una categoria di risposta. Queste curve hanno una relazione funzionale con  $\theta$ , poiché all'aumentare di  $\theta$ , la probabilità di sostenere una categoria aumenta e poi diminuisce mentre le risposte passano alla categoria successiva più alta. Le CRC indicano che le categorie di risposta coprono un'ampia gamma di theta.

Per valutare l'adattamento del modello, è stato utilizzato l'indice  $M2$ , progettato specificamente per valutare l'aderenza dei modelli IRT per dati ordinali (C. Li et al., 2013 [11]).

Inoltre, l'errore quadratico medio di approssimazione basato su  $M2$  è servito come principale indice di adattamento, insieme al residuo quadratico medio standardizzato ( $SRMSR$ ) e all'indice di adattamento comparativo ( $CFI$ ):

$M2$	$df$	p-value	RMSEA	RMSEA <sub>5</sub>	RMSEA <sub>95</sub>	SRMSR	TLI	CFI
14,63	2	6.6593e-4	0,14	0,08	0,21	0,04	0,96	0,99

Il valore ottenuto di  $RMSEA = 0.14$  ( $IC [0.08, 0.21] = 95\%$ ) è poco sopra la soglia raccomandata ( $RMSEA \leq 0.06$ ) e il valore di  $SRMSR = 0.04$  suggerisce che i dati si adattino al modello in modo ragionevole, utilizzando il valore di soglia suggerito di  $SRMSR \leq 0.08$  come linee guida per valutare l'aderenza. Il valore di  $CFI = 0.99$  è superiore al valore di soglia raccomandato di 0.95.

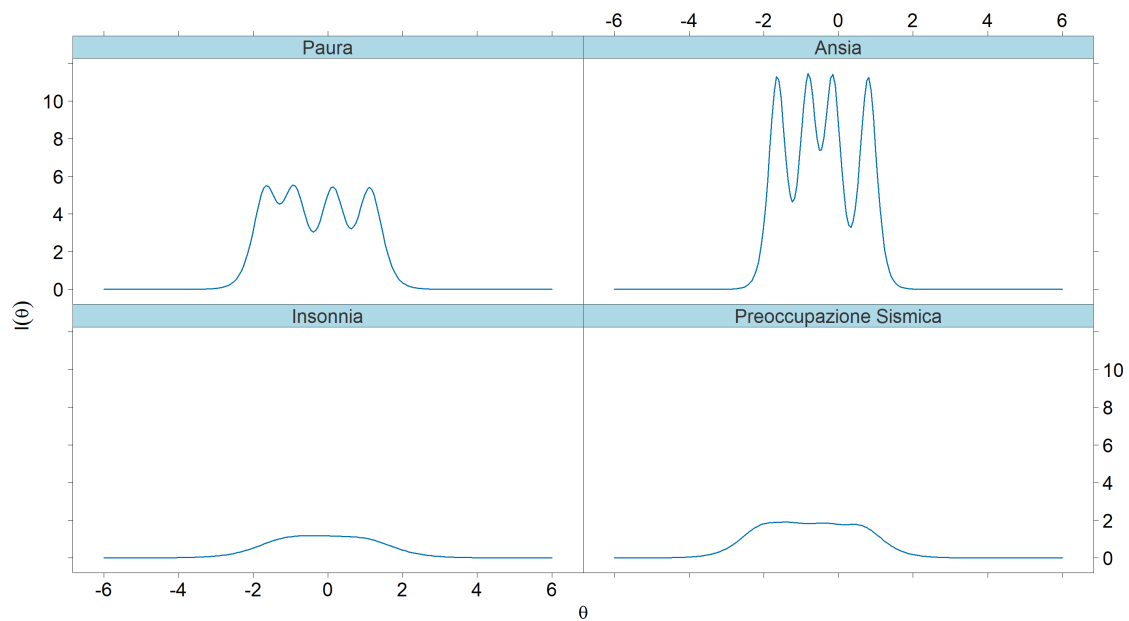


Figura 10: Curve di Informazione degli Item

Nei modelli politomici, la quantità di informazione alla quale un item contribuisce dipende dal suo parametro di pendenza: maggiore è il parametro, maggiore è l'informazione fornita dall'item. Inoltre, più distanti sono i parametri di posizione ( $\delta_{i1}$ ,  $\delta_{i2}$ ,  $\delta_{i3}$ ,  $\delta_{i4}$ ), maggiore è l'informazione fornita dall'item. Tipicamente, un item politomico ottimamente informativo avrà una posizione grande e una copertura ampia delle categorie (come indicato dai parametri di posizione) su theta.

Le funzioni di informazione sono meglio illustrate dalle Curve di Informazione degli Item, per ciascun item come mostrato sopra. Queste curve mostrano che l'informazione dell'item non è una quantità statica, piuttosto è condizionata ai livelli di theta. La relazione tra pendenze e informazione sarà illustrata di seguito. L'item insonnia ha la pendenza più bassa e, quindi, è l'item meno informativo. D'altra parte, l'item ansia ha la pendenza più alta e fornisce la quantità più elevata di informazione statistica. Gli item tendono a fornire maggiori informazioni nell'intervallo  $\theta [-2, 2]$ . La forma ondulata delle curve riflette il fatto che l'informazione dell'item è una composizione dell'informazione delle categorie, ovvero ciascuna categoria ha una funzione di informazione che viene poi combinata per formare la funzione di informazione dell'item.

Item	$\alpha_i$	$\delta_{i1}$	$\delta_{i2}$	$\delta_{i3}$	$\delta_{i4}$
Paura	4.62	-1.67	-0.90	0.13	1.12
Ansia	6.72	-1.64	-0.81	-0.16	0.80
Insonnia	1.94	-1.16	-0.55	0.12	1.01
Preoccupazione Sismica	2.55	-2.06	-1.28	-0.37	0.60

La variabile latente o abilità  $\theta$  potrebbe rappresentare lo Stress da Terremoto. Una volta ottenuta la variabile latente  $\theta$ , questa è stata normalizzata per facilitarne l'interpretazione. Il processo di normalizzazione è avvenuto nel seguente modo:

$$\theta^* = \frac{\theta - \min(\theta)}{\max(\theta) - \min(\theta)}$$

Successivamente, è stata effettuata un'analisi più approfondita attraverso la Regressione Lineare Multipla.

### 3.3 Test

La verifica dell'indipendenza tra due o più fenomeni costituisce una fase preliminare prima dell'instaurazione di relazioni più esplicite e significative, specialmente nel contesto della costruzione di un modello statistico.

Il procedimento del test può essere riassunto come segue:

Ipotesi Nulla	Ipotesi Alternativa	Regione Critica
$H_0 : X \text{ e } Y \text{ sono indipendenti}$	$H_0 : X \text{ e } Y \text{ non sono indipendenti}$	$RC(\alpha) : X^2 > \chi^2_{(\alpha, g)}$

La statistica del test, anche conosciuta come Test del Chi-Quadrato, può essere calcolata come segue:

$$X^2 = n \left( \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^h \frac{(n_{ij})^2}{n_{i.} n_{.j}} - 1 \right)$$

Di seguito è riportata la tabella relativa ai test di indipendenza condotti sui dati:

Variabile 1	Variabile 2	Chi-Squared	p-value	Signif.
$\theta^*$	Sesso	160,28	3,3910e-03	**
$\theta^*$	Fuori Regione Sisma	152,42	1,1180e-02	*
$\theta^*$	Cambio Residenza Sisma	167,25	1,0650e-03	**
$\theta^*$	Info App	552,78	1,8900e-03	**
$\theta^*$	Fiducia Istituzioni Comunali	550,37	2,3600e-03	**
$\theta^*$	Fiducia Istituzioni Regionali	556,68	1,3080e-03	**
$\theta^*$	Fiducia Istituzioni Nazionali	565,19	5,6560e-04	***
$\theta^*$	Sicurezza	589,35	4,0500e-05	***
$\theta^*$	Numero Veicoli	654,45	1,1840e-02	*
$\theta^*$	Tipo Veicolo	405,97	1,3140e-02	*

Tabella 2: Test di Indipendenza

### 3.4 Regressione Lineare Multipla

Il Modello di Regressione Lineare Multipla è un metodo statistico, utilizzato per esaminare la relazione tra una variabile dipendente (o risposta) e due o più variabili esplicative (o

predittori). L'obiettivo è identificare e quantificare la relazione lineare tra le variabili, in modo che possa essere utilizzata per fare previsioni sulla variabile dipendente, basate sui valori delle variabili esplicative. I coefficienti di regressione forniscono informazioni sulla forza e direzione di queste relazioni.

Il primo passo è stato adottare una strategia sequenziale (stepwise regression) per la selezione delle variabili esplicative. In particolar modo, è stata scelta la strategia backward elimination (eliminazione all'indietro), ossia una procedura step-down, detta anche "a ritroso". Si parte dal modello di regressione più completo, con tutte le variabili esplicative, eliminando progressivamente le variabili che risultano non significative. Poi, si ristima di volta in volta un nuovo modello con le variabili significative del passo precedente. Infine, la procedura si ferma quando tutte le variabili che sono presenti nel modello sono risultate significative a un certo livello, ossia quando tutti i  $p$ -value calcolati superano una prefissata soglia critica ( $p\text{-value} \leq 0.05$ ).

I parametri stimati dal Modello di Regressione Lineare Multipla sono così riportati di seguito:

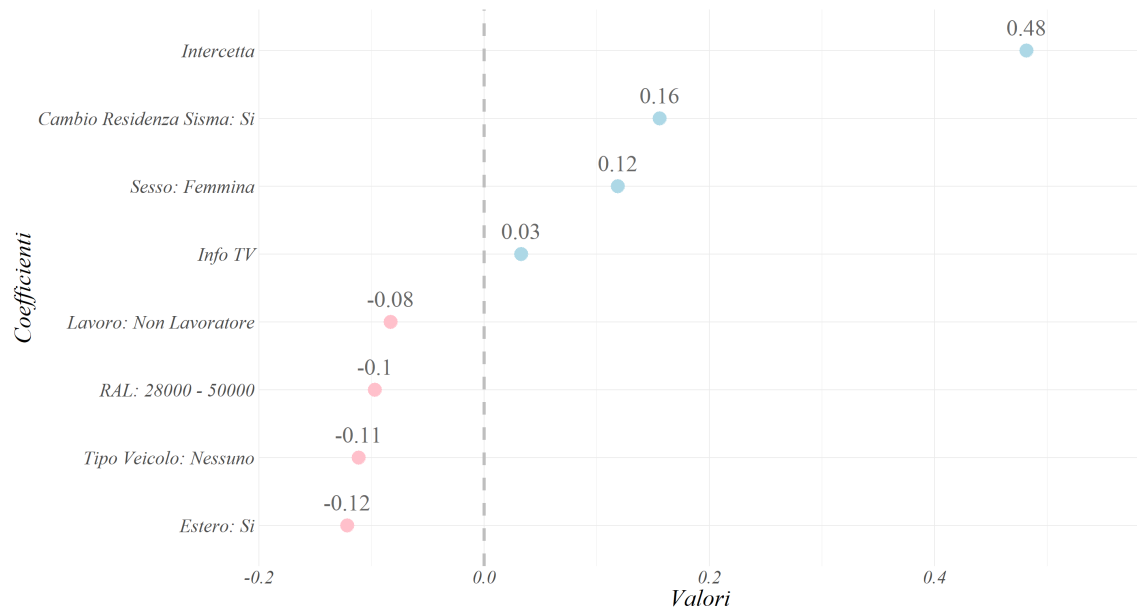


Figura 11: Modello di Regressione Lineare Multipla

Il modello ottenuto assume la seguente forma:

$$\theta^* = 0.48 - 0.12X_1 - 0.11X_2 - 0.10X_3 - 0.08X_4 + 0.03X_5 + 0.12X_6 + 0.16X_7$$

Variabile	Codifica	Stima	Std. Error	t-value	p-value
Intercetta		0,4818	0,0664	7,2543	9,8297e-12
Estero: Si	$X_1$	-0,1216	0,0432	-2,8159	5,3750e-03
Tipo Veicolo: Nessuno	$X_2$	-0,1113	0,0496	-2,2444	2,5952e-02
RAL: 28000 - 50000	$X_3$	-0,0971	0,0375	-2,5928	1,0258e-02
Lavoro: Non Lavoratore	$X_4$	-0,0830	0,0306	-2,7125	7,2867e-03
Info TV	$X_5$	0,0329	0,0143	2,2993	2,2567e-02
Sesso: Femmina	$X_6$	0,1188	0,0360	3,3055	1,1324e-03
Cambio Residenza Sisma: Si	$X_7$	0,1559	0,0291	5,3602	2,3810e-07

Tabella 3: Stima dei Parametri del Modello di Regressione Lineare Multipla

Dalla stima del modello di regressione lineare multipla e dal grafico riportato nella figura precedente, è possibile trarre considerazioni circa l'impatto delle variabili esplicative sulla variabile dipendente  $\theta^*$ . In questo caso, avendo normalizzato la variabile di risposta, è possibile interpretare le stime dei parametri come variazione percentuale del fenomeno d'interesse.

Lo Stress da Terremoto si riduce: del 12.16% per gli individui che sono stati almeno una volta all'estero, del 11.13% per coloro che non possiedono alcun veicolo, del 9.71% per i soggetti che hanno una retribuzione annua lorda compresa tra €28000 ed €50000 e del 8.30% per chi non è impegnato in un'attività lavorativa.

Lo stress da Terremoto aumenta: del 3.29% per ogni incremento unitario del livello di fiducia riposto nelle informazioni diffuse dalla TV, del 11.88% per gli individui di sesso femminile e del 15.59% per coloro i quali sono disposti a cambiare la propria residenza a causa del sisma.

L'analisi dei risultati ha rivelato che lo Stress da Terremoto è influenzato da vari fattori socio-demografici e psicologici. Si osserva una riduzione dello stress per gli individui che sono stati almeno una volta all'estero, per coloro che non possiedono alcun veicolo, per i soggetti con una retribuzione annua lorda compresa tra €28000 e €50000 e per chi non è impegnato in un'attività lavorativa. Questi risultati suggeriscono che l'esposizione a esperienze internazionali, la mancanza di responsabilità legate ai veicoli, una stabilità finanziaria e l'assenza di pressioni lavorative contribuiscono a mitigare lo stress da terremoto. Al contrario, lo Stress da Terremoto aumenta con un maggiore livello di fiducia riposto nelle informazioni diffuse dalla TV, tra gli individui di sesso femminile e tra coloro che sono disposti a cambiare la propria residenza a causa del sisma. Questi dati indicano che un'elevata fiducia nei media, il sesso femminile e la predisposizione a trasferirsi amplificano la percezione del rischio e l'ansia legata agli eventi sismici. La comprensione di questi fattori può quindi informare strategie di intervento e supporto mirate, migliorando la gestione dello stress e il benessere delle persone esposte a terremoti. In particolare, l'esposizione a diverse esperienze e una buona stabilità finanziaria sembrano fungere da fattori protettivi, mentre la fiducia nei media e il genere femminile appaiono come elementi di vulnerabilità che richiedono un'attenzione specifica nelle politiche di prevenzione e gestione del rischio sismico.

Il secondo passo è stato la diagnosi del modello. La diagnosi di un modello di regressione lineare è un processo finalizzato ad analizzare e valutare le prestazioni del modello. Comprende il controllo della validità delle ipotesi della regressione lineare e l'individuazione di eventuali problemi o anomalie nei dati o nel modello. Aspetti comuni della diagnostica includono la valutazione della linearità, omoschedasticità, normalità dei residui, e il ri-

levamento di eventuali osservazioni influenti o dati anomali. Le diagnosi sono essenziali per garantire che il modello fornisca stime affidabili e valide della relazione tra le variabili coinvolte.

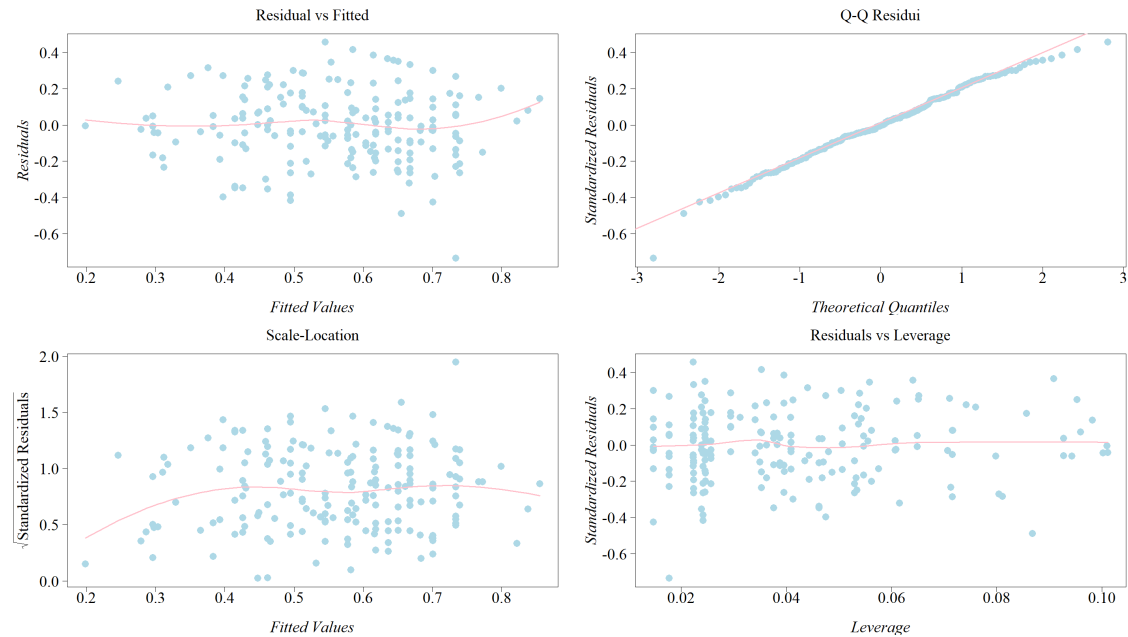


Figura 12: Distribuzioni dei Residui

Come si può vedere dai grafici precedenti, omoschedasticità, linearità e normalità dei residui sono verificate. Ulteriore conferma è fornita dal test di Shapiro-Wilk per la normalità:

Statistica W	p-value
0.9913	2.7870e-1

I risultati suggeriscono che non vi è sufficiente evidenza per respingere l'ipotesi che i residui seguano una distribuzione normale.



## 4 Conclusioni

In conclusione, il presente studio ha fornito una dettagliata analisi della percezione e delle risposte emotive degli individui agli eventi sismici.

I risultati evidenziano differenze significative nelle reazioni in base a sesso, stato lavorativo, reddito e altre variabili demografiche. Le donne, ad esempio, hanno mostrato livelli più alti di stress e ansia rispetto agli uomini, coerentemente con la letteratura esistente sulla maggiore vulnerabilità femminile in situazioni di crisi. La stabilità economica e il lavoro sono emersi come fattori che contribuiscono ad aumentare lo stress percepito, probabilmente a causa delle responsabilità aggiuntive e delle preoccupazioni legate alla sicurezza del posto di lavoro.

La selezione ottimizzata degli item ha permesso di migliorare la coerenza interna delle misurazioni, evidenziando che paura, ansia, insonnia e preoccupazione sismica sono componenti chiave dello "Stress da Terremoto". L'analisi con il Graded Response Model ha dimostrato che questi item coprono un'ampia gamma di livelli di stress, offrendo una comprensione dettagliata delle risposte individuali agli eventi sismici. I test di indipendenza e la regressione lineare multipla hanno ulteriormente identificato i fattori chiave che influenzano lo stress da terremoto, mostrando che l'esposizione a esperienze internazionali, l'assenza di responsabilità legate ai veicoli e una buona stabilità finanziaria possono mitigare lo stress percepito, mentre una maggiore fiducia nei media, il sesso femminile e la predisposizione a trasferirsi amplificano la percezione del rischio e l'ansia.

Questi risultati offrono spunti pratici per le autorità e le organizzazioni incaricate della gestione delle emergenze sismiche, suggerendo l'importanza di considerare la diversità delle percezioni individuali nelle strategie di comunicazione e intervento. Inoltre, i dati possono informare la progettazione di programmi di supporto psicologico post-terremoto, adattandoli alle esigenze specifiche dei vari gruppi demografici.

In breve, lo studio offre un contributo rilevante alla comprensione scientifica dello stress indotto dai terremoti, fornendo una base solida per future ricerche e interventi volti a mitigare l'impatto psicologico dei terremoti sulle popolazioni colpite.

## Riferimenti bibliografici

- [1] A. Agresti. *Analysis of Ordinal Categorical Data*. Wiley, 2 edition, 2010.
- [2] A. Agresti. *Categorical Data Analysis*. Wiley, 3 edition, 2013.
- [3] F. B. Baker, S. Kim, and Others. *The Basics of Item Response Theory Using R*. Springer, 2017.
- [4] R. P. Chalmers. mirt: A multidimensional item response theory package for the r environment. *Journal of statistical Software*, 48, 2012.
- [5] A. Cola, M. Iannario, and G. Tutz. Item selection method in irt models. Technical article, 2024.
- [6] L. J. Cronbach. Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3):297–334, 1951.
- [7] A. Dobson. *An Introduction to Generalized Linear Model*. Springer, 2 edition, 1990.
- [8] F. Hou, F. Bi, R. Jiao, D. Luo, and K. Song. Gender differences of depression and anxiety among social media users during the covid-19 outbreak in china: a cross-sectional study. *BMC public health*, 20:1–11, 2020.
- [9] M. Iannario, A. C. Monti, D. Piccolo, and E. Ronchetti. Robust inference for ordinal response models. *Electronic Journal of Statistics*, 11(2):3407–3445, 2017.
- [10] G. James, D. Witten, T. Hastie, R. Tibshirani, and Others. *An introduction to statistical learning*, volume 112. Springer, 2013.
- [11] C. Li and M. Hansen. Limited information goodness of fit testing of hierarchical item factor models. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 66(2), 2013.
- [12] G. N. Masters and B. D. Wright. The essential process in a family of measurement models. *Psychometrika*, 49:529–544, 1984.
- [13] K. P. Murphy. *Machine Learning: A Probabilistic Perspective*. MIT press, 1 edition, 2012.
- [14] L. Palazzo, M. Iannario, and F. Palumbo. Integrated assessment of financial knowledge through a latent profile analysis. *Behaviormetrika*, 51:319–339, 2024.
- [15] D. Piccolo. *Statistica*. Il Mulino, 3 edition, 2010.
- [16] N. Salari, A. Hosseini-Far, R. Jalali, A. Vaisi-Raygani, S. Rasoulpoor, M. Mohammadi, S. Rasoulpoor, and B. Khaledi-Paveh. Prevalence of stress, anxiety, depression among the general population during the covid-19 pandemic: a systematic review and meta-analysis. *Globalization and health*, 16:1–11, 2020.
- [17] F. Samejima. Estimation of latent ability using a response pattern of graded scores. *Psychometrika monograph supplement*, 1969.
- [18] F. Samejima. Graded response models. In *Handbook of item response theory*, pages 95–107. Chapman and Hall/CRC, 2016.

- [19] G. Schwarz. Estimating the dimension of a model. *The Annals of Statistics*, 6(2):461–464, 1978.
- [20] W. G. Smith. Does gender influence online survey participation? a record-linkage analysis of university faculty online survey response behavior. *Online submission*, 2008.
- [21] F. Thibaut and P. JM van Wijngaarden-Cremers. Women’s mental health in the time of covid-19 pandemic. *Frontiers in global women’s health*, 1:588372, 2020.
- [22] D. Thissen and L. Steinberg. A taxonomy of item response models. *Psychometrika*, 51(4):567–577, 1986.
- [23] G. Tutz. *Regression for Categorical Data*. Cambridge University Press, 2012.
- [24] G. Tutz. On the structure of ordered latent trait models. *Journal of Mathematical Psychology*, 96, 2020.
- [25] G. Tutz. Ordinal regression: a review and a taxonomy of models. *WIREs Computational Statistics*, to appear, 2021.
- [26] G. Tutz. Ordinal regression: A review and a taxonomy of models. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 14(2):e1545, 2022.