

# CPF Mathematical Formalization Series - Paper 7: Vulnerabilità da Risposta allo Stress: Modelli Matematici e Algoritmi di Rilevamento

Giuseppe Canale, CISSP  
Ricercatore Indipendente  
[g.canale@cpf3.org](mailto:g.canale@cpf3.org)  
ORCID: 0009-0007-3263-6897

November 18, 2025

## Abstract

Presentiamo la formalizzazione matematica completa degli indicatori di Categoria 7 del Cybersecurity Psychology Framework (CPF): Vulnerabilità da Risposta allo Stress. Ciascuno dei dieci indicatori (7.1-7.10) è definito rigorosamente attraverso funzioni di rilevamento che combinano modellizzazione fisiologica, analisi dei pattern comportamentali e dinamiche di propagazione dello stress. La formalizzazione consente l'implementazione sistematica delle vulnerabilità di sicurezza correlate allo stress mantenendo il fondamento teorico nella Sindrome Generale di Adattamento di Selye e nella ricerca contemporanea sullo stress. Forniamo algoritmi esplicativi per il rilevamento dello stress in tempo reale, modellizzazione a cascata per il contagio organizzativo dello stress e metriche di validazione per la calibrazione continua. Questo lavoro stabilisce la fondazione matematica per operazionalizzare le vulnerabilità psicologiche indotte dallo stress nei contesti di cybersecurity.

**Parole chiave:** Matematica Applicata, Psicologia Interdisciplinare, Statistica Computazionale, Modellizzazione Matematica, Ricerca in Cybersecurity

## 1 Introduzione e Contesto CPF

Il Cybersecurity Psychology Framework (CPF) rappresenta un cambio di paradigma dalla consapevolezza reattiva della sicurezza alla valutazione predittiva delle vulnerabilità attraverso la modellizzazione dello stato psicologico [1]. A differenza dei framework di sicurezza tradizionali che affrontano i controlli tecnici, il CPF identifica sistematicamente le vulnerabilità psicologiche pre-cognitive che creano punti ciechi sistematici nella sicurezza.

L'architettura CPF comprende 100 indicatori organizzati in una matrice  $10 \times 10$ , ciascuno fondato su ricerca psicologica consolidata. Il framework impiega un sistema di valutazione ternario (Verde/Giallo/Rosso) mantenendo una rigorosa protezione della privacy attraverso l'analisi comportamentale aggregata piuttosto che la profilazione individuale.

Questa serie di paper fornisce la formalizzazione matematica completa per ciascuna categoria CPF, consentendo implementazione e validazione rigorose. Ogni indicatore riceve funzioni di rilevamento esplicative, modellizzazione delle interdipendenze e specifiche algoritmiche. L'approccio matematico serve un duplice scopo: garantire implementazioni riproducibili tra le organizzazioni e stabilire il CPF come metodologia scientificamente rigorosa adatta alla revisione paritaria e alla standardizzazione.

La Categoria 7 si concentra sulle vulnerabilità da risposta allo stress, attingendo principalmente dalla Sindrome Generale di Adattamento di Selye [2] e dalla ricerca contemporanea in psiconeurimmunologia [3]. Queste vulnerabilità sfruttano i cambiamenti fondamentali nell'elaborazione cognitiva, nel processo decisionale e nella valutazione del rischio che si verificano durante stati di stress acuto e cronico, creando

debolezze sistematiche di sicurezza che gli attaccanti possono sfruttare attraverso strategie di attacco basate sul timing e sulla pressione.

## 2 Fondamento Teorico: Fisiologia dello Stress e Cybersecurity

Le vulnerabilità da risposta allo stress emergono dall'intersezione di neuroendocrinologia, psicologia cognitiva e comportamento organizzativo. Il sistema di risposta allo stress umano, evolutosi per minacce fisiche immediate, crea deficit cognitivi sistematici quando attivato da incidenti di cybersecurity e pressioni organizzative [4].

La ricerca dimostra che lo stress influisce sui processi cognitivi rilevanti per la sicurezza attraverso molteplici percorsi: (1) l'elevazione del cortisolo compromette la memoria di lavoro e la funzione esecutiva [5], (2) l'attivazione del sistema nervoso simpatico restringe l'attenzione e riduce la flessibilità cognitiva [6], e (3) lo stress cronico esaurisce le risorse cognitive necessarie per un comportamento di sicurezza vigilante [7].

I modelli matematici qui presentati catturano questi meccanismi fisiologici e comportamentali attraverso quattro approcci complementari: (1) stima dello stato di stress utilizzando proxy comportamentali e fisiologici, (2) modellizzazione del deficit cognitivo basata sui livelli di stress, (3) dinamiche di contagio per la propagazione dello stress organizzativo, e (4) modellizzazione del recupero per i periodi di vulnerabilità post-stress.

## 3 Formalizzazione Matematica

### 3.1 Framework Universale di Rilevamento dello Stress

Ogni indicatore di risposta allo stress impiega la funzione di rilevamento unificata:

$$D_i(t) = w_1 \cdot S_i(t) + w_2 \cdot C_i(t) + w_3 \cdot B_i(t) + w_4 \cdot R_i(t) \quad (1)$$

dove  $D_i(t)$  rappresenta il punteggio di rilevamento per l'indicatore  $i$  al tempo  $t$ ,  $S_i(t)$  denota la stima dello stato di stress,  $C_i(t)$  rappresenta la misura del deficit cognitivo,  $B_i(t)$  rappresenta il punteggio di deviazione comportamentale, e  $R_i(t)$  rappresenta lo stato di recupero. I pesi  $w_1, w_2, w_3, w_4$  sommano a uno e sono calibrati attraverso baseline organizzative.

L'evoluzione temporale segue un modello esponenziale modificato dallo stress:

$$T_i(t) = \alpha(S(t)) \cdot D_i(t) + (1 - \alpha(S(t))) \cdot T_i(t - 1) \quad (2)$$

dove  $\alpha(S(t)) = \alpha_0 \cdot (1 + \beta \cdot S(t))$  fornisce tassi di decadimento dipendenti dallo stress.

### 3.2 Indicatore 7.1: Deficit da Stress Acuto

**Definizione:** Degradazione cognitiva e comportamentale immediata sotto condizioni di stress acuto.

**Modello Matematico:**

L'indice di stress acuto che combina molteplici marcatori fisiologici e comportamentali:

$$ASI(t) = \sum_i w_i \cdot \tanh\left(\frac{x_i(t) - \mu_i}{\sigma_i}\right) \quad (3)$$

dove  $x_i(t)$  rappresenta i marcatori di stress inclusi deviazione del pattern di digitazione, varianza del tempo di risposta e aumento del tasso di errore.

**Funzione di Deficit Cognitivo:**

$$CI(ASI) = 1 - e^{-\lambda \cdot ASI^2} \quad (4)$$

dove  $\lambda$  controlla la sensibilità della degradazione cognitiva ai livelli di stress.

#### Rilevamento della Deviazione Comportamentale:

$$BD(t) = \sqrt{\sum_j \left( \frac{b_j(t) - \mu_{b_j}}{\sigma_{b_j}} \right)^2} \quad (5)$$

dove  $b_j(t)$  rappresenta metriche comportamentali come durata della sessione, pattern di click e comportamento di navigazione.

#### Funzione di Rilevamento:

$$D_{7.1}(t) = ASI(t) \cdot CI(AIS(t)) \cdot (1 + \gamma \cdot BD(t)) \quad (6)$$

#### Condizione di Soglia:

$$R_{7.1}(t) = \begin{cases} 1 & \text{se } D_{7.1}(t) > \theta_{acute} \text{ e } \Delta t < 3600s \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases} \quad (7)$$

### 3.3 Indicatore 7.2: Burnout da Stress Cronico

**Definizione:** Accumulo di stress a lungo termine che porta a degradazione sostenuta delle prestazioni di sicurezza.

#### Modello Matematico:

Il modello di accumulo dello stress cronico utilizzando il carico allostatico:

$$AL(t) = \int_0^t e^{-\lambda(t-\tau)} \cdot S(\tau) d\tau \quad (8)$$

dove  $S(\tau)$  rappresenta il livello di stress istantaneo e  $\lambda$  è la costante del tasso di recupero.

#### Funzione di Burnout:

$$B(t) = \begin{cases} 0 & \text{se } AL(t) < \theta_{low} \\ \frac{AL(t)-\theta_{low}}{\theta_{high}-\theta_{low}} & \text{se } \theta_{low} \leq AL(t) < \theta_{high} \\ 1 & \text{se } AL(t) \geq \theta_{high} \end{cases} \quad (9)$$

#### Modello di Degradazione delle Prestazioni:

$$PD(t) = PD_0 \cdot (1 - \alpha \cdot B(t)) \cdot e^{-\beta \cdot AL(t)} \quad (10)$$

#### Soglia di Rilevamento:

$$R_{7.2}(t) = \begin{cases} 1 & \text{se } B(t) > 0.6 \text{ e } PD(t) < 0.5 \cdot PD_0 \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases} \quad (11)$$

### 3.4 Indicatore 7.3: Aggressione da Risposta di Lotta

**Definizione:** Pattern comportamentali aggressivi sotto stress che influenzano il processo decisionale di sicurezza.

#### Modello Matematico:

La probabilità di risposta di lotta utilizzando mappatura stress-aggressione:

$$P_{fight}(S, T, C) = \sigma(\alpha \cdot S + \beta \cdot T + \gamma \cdot C) \quad (12)$$

dove  $S$  è il livello di stress,  $T$  è l'aggressività di tratto, e  $C$  è la provocazione contestuale.

**Marcatori di Aggressione:** Rilevamento dell'aggressione linguistica:

$$AG_{ling}(m) = \sum_{w \in m} I_{aggressive}(w) \cdot weight(w) \quad (13)$$

Indicatori di aggressione comportamentale:

$$AG_{behav}(t) = w_1 \cdot click_{force}(t) + w_2 \cdot type_{intensity}(t) + w_3 \cdot nav_{abrupt}(t) \quad (14)$$

**Modello di Impatto sulla Sicurezza:**

$$SI_{flight}(t) = P_{flight}(t) \cdot (AG_{ling}(t) + AG_{behav}(t)) \cdot override_{rate}(t) \quad (15)$$

**Funzione di Rilevamento:**

$$D_{7.3}(t) = SI_{flight}(t) \cdot (1 + \delta \cdot incident_{proximity}(t)) \quad (16)$$

### 3.5 Indicatore 7.4: Evitamento da Risposta di Fuga

**Definizione:** Comportamenti di evitamento sotto stress che portano all'abbandono dei compiti di sicurezza.

**Modello Matematico:**

La probabilità di risposta di fuga:

$$P_{flight}(S, A, E) = \frac{e^{\alpha \cdot S + \beta \cdot A}}{1 + e^{\alpha \cdot S + \beta \cdot A}} \cdot (1 - E) \quad (17)$$

dove  $S$  è il livello di stress,  $A$  è l'ansia di tratto, e  $E$  è il vincolo ambientale.

**Metriche di Evitamento:** Tasso di abbandono dei compiti:

$$TAR(t) = \frac{N_{abandoned}(t)}{N_{initiated}(t)} \quad (18)$$

Accelerazione della terminazione della sessione:

$$STA(t) = \frac{T_{baseline} - T_{session}(t)}{T_{baseline}} \quad (19)$$

**Indice di Evitamento:**

$$AI(t) = w_1 \cdot TAR(t) + w_2 \cdot STA(t) + w_3 \cdot delay_{response}(t) \quad (20)$$

**Soglia di Rilevamento:**

$$R_{7.4}(t) = \begin{cases} 1 & \text{se } P_{flight}(t) > 0.7 \text{ e } AI(t) > 0.5 \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases} \quad (21)$$

### 3.6 Indicatore 7.5: Paralisi da Risposta di Congelamento

**Definizione:** Paralisi decisionale sotto stress che impedisce risposte di sicurezza appropriate.

**Modello Matematico:**

La risposta di congelamento utilizzando modellizzazione della latenza decisionale:

$$P_{freeze}(S, U, O) = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha \cdot S + \beta \cdot U - \gamma \cdot O)}} \quad (22)$$

dove  $S$  è il livello di stress,  $U$  è l'incertezza, e  $O$  sono le opzioni disponibili.

**Indicatori di Paralisi:** Estensione del tempo decisionale:

$$DTE(t) = \frac{T_{decision}(t) - T_{baseline}}{T_{baseline}} \quad (23)$$

Riduzione della frequenza di azione:

$$AFR(t) = 1 - \frac{A_{current}(t)}{A_{baseline}} \quad (24)$$

**Indice di Paralisi:**

$$PI(t) = \sqrt{DTE(t)^2 + AFR(t)^2} \cdot P_{freeze}(t) \quad (25)$$

**Funzione di Rilevamento:**

$$D_{7.5}(t) = PI(t) \cdot (1 + \epsilon \cdot criticality(t)) \quad (26)$$

### 3.7 Indicatore 7.6: Ipercompiacenza da Risposta di Compiacimento

**Definizione:** Ipercompiacenza sottomessa sotto stress che riduce lo scrutinio della sicurezza.

**Modello Matematico:**

La probabilità di risposta di compiacimento:

$$P_{fawn}(S, H, D) = \sigma(\alpha \cdot S + \beta \cdot H + \gamma \cdot D) \quad (27)$$

dove  $S$  è il livello di stress,  $H$  è la posizione gerarchica, e  $D$  è il livello di dipendenza.

**Metriche di Ipercompiacenza:** Frequenza di ricerca di approvazione:

$$ASF(t) = \frac{N_{approval\_requests}(t)}{N_{decisions}(t)} \quad (28)$$

Aumento della deferenza all'autorità:

$$ADI(t) = \frac{compliance_{current}(t)}{compliance_{baseline}} - 1 \quad (29)$$

**Indice di Compiacimento:**

$$FI(t) = P_{fawn}(t) \cdot (w_1 \cdot ASF(t) + w_2 \cdot ADI(t)) \quad (30)$$

**Modello di Rischio per la Sicurezza:**

$$SR_{fawn}(t) = FI(t) \cdot (1 - verification_{rate}(t)) \quad (31)$$

### 3.8 Indicatore 7.7: Visione Tunnel Indotta da Stress

**Definizione:** Restringimento attentivo sotto stress che manca informazioni rilevanti per la sicurezza.

**Modello Matematico:**

La funzione di restringimento dell'attenzione seguendo la teoria dell'utilizzazione dei segnali di Easterbrook:

$$A_{width}(S) = A_{max} \cdot e^{-\lambda \cdot S^2} \quad (32)$$

dove  $A_{max}$  è l'ampiezza massima dell'attenzione e  $\lambda$  controlla il tasso di restringimento.

**Metriche di Visione Tunnel:** Tasso di rilevamento periferico:

$$PDR(t) = \frac{N_{peripheral\_detected}(t)}{N_{peripheral\_present}(t)} \quad (33)$$

Frequenza di cambio di contesto:

$$CSF(t) = \frac{N_{context\_switches}(t)}{T_{session}(t)} \quad (34)$$

#### **Indice di Visione Tunnel:**

$$TVI(t) = (1 - PDR(t)) \cdot e^{-\alpha \cdot CSF(t)} \cdot f(A_{width}(S(t))) \quad (35)$$

dove  $f(A_{width}) = 1 - \tanh(\beta \cdot A_{width})$ .

#### **Funzione di Rilevamento:**

$$D_{7.7}(t) = TVI(t) \cdot (1 + \gamma \cdot threat_{level}(t)) \quad (36)$$

### **3.9 Indicatore 7.8: Memoria Compromessa dal Cortisolo**

**Definizione:** Effetti degli ormoni dello stress sulla formazione e recupero della memoria che influenzano le procedure di sicurezza.

#### **Modello Matematico:**

La funzione di compromissione memoria-cortisolo:

$$MI(C) = \begin{cases} 0 & \text{se } C < C_{threshold} \\ \alpha \cdot (C - C_{threshold})^\beta & \text{se } C \geq C_{threshold} \end{cases} \quad (37)$$

dove  $C$  rappresenta il livello di cortisolo (stimato da proxy comportamentali).

**Proxy delle Prestazioni di Memoria:** Aumento del tasso di errore nelle password:

$$PERI(t) = \frac{errors_{password}(t)}{attempts_{password}(t)} - baseline_{error} \quad (38)$$

Frequenza di deviazione dalle procedure:

$$PDF(t) = \frac{N_{deviations}(t)}{N_{procedures}(t)} \quad (39)$$

#### **Indice di Compromissione della Memoria:**

$$MII(t) = w_1 \cdot PERI(t) + w_2 \cdot PDF(t) + w_3 \cdot recall_{failures}(t) \quad (40)$$

#### **Stima del Cortisolo:**

$$\hat{C}(t) = \sum_i w_i \cdot proxy_i(t) \quad (41)$$

con proxy inclusi indicatori di stress, ora del giorno e misure di carico di lavoro.

### **3.10 Indicatore 7.9: Cascate di Contagio dello Stress**

**Definizione:** Propagazione dello stress organizzativo che crea stati di vulnerabilità collettiva.

#### **Modello Matematico:**

Il modello di contagio dello stress utilizzando dinamiche di rete:

$$\frac{dS_i}{dt} = -\lambda_i S_i + \sum_j \alpha_{ij} \cdot S_j \cdot (1 - S_i) + \beta_i \cdot E_i(t) \quad (42)$$

dove  $S_i$  è il livello di stress dell'individuo  $i$ ,  $\alpha_{ij}$  è il tasso di contagio da  $j$  a  $i$ , e  $E_i(t)$  rappresenta gli stressor esterni.

**Metriche di Contagio di Rete:** Coefficiente di correlazione dello stress:

$$SCC(t) = \frac{\text{Cov}(S_i(t), S_j(t))}{\sqrt{\text{Var}(S_i(t)) \cdot \text{Var}(S_j(t))}} \quad (43)$$

Tasso di propagazione a cascata:

$$CPR(t) = \frac{d}{dt} \left( \sum_i I_{stressed}(i, t) \right) \quad (44)$$

**Indice di Contagio:**

$$CI(t) = SCC(t) \cdot CPR(t) \cdot \sqrt{density(network)} \quad (45)$$

**Soglia Critica:**

$$R_{7.9}(t) = \begin{cases} 1 & \text{se } CI(t) > \theta_{cascade} \text{ e } \%_{stressed} > 0.3 \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases} \quad (46)$$

### 3.11 Indicatore 7.10: Vulnerabilità del Periodo di Recupero

**Definizione:** Vulnerabilità continua durante le fasi di recupero post-stress.

**Modello Matematico:**

La funzione di recupero seguendo un decadimento bi-esponenziale:

$$R(t) = A \cdot e^{-t/\tau_{fast}} + B \cdot e^{-t/\tau_{slow}} \quad (47)$$

dove  $\tau_{fast}$  e  $\tau_{slow}$  rappresentano le costanti di tempo di recupero veloce e lento.

**Stima dello Stato di Recupero:** Ripristino delle prestazioni cognitive:

$$CPR(t) = 1 - \left( \frac{P_{baseline} - P(t)}{P_{baseline} - P_{minimum}} \right) \quad (48)$$

Recupero del livello di vigilanza:

$$VLR(t) = \frac{V(t) - V_{minimum}}{V_{baseline} - V_{minimum}} \quad (49)$$

**Indice di Vulnerabilità da Recupero:**

$$RVI(t) = (1 - R(t)) \cdot \left( \frac{1}{1 + e^{\alpha \cdot (CPR(t) - 0.5)}} \right) \quad (50)$$

**Finestra di Vulnerabilità:**

$$VW(t) = \begin{cases} 1 & \text{se } RVI(t) > 0.3 \text{ e } t_{post-stress} < 3\tau_{slow} \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases} \quad (51)$$

## 4 Matrice di Interdipendenza

Gli indicatori di risposta allo stress mostrano interdipendenze significative catturate attraverso la matrice di correlazione  $R_7$ :

$$\mathbf{R}_7 = \begin{pmatrix} 1.00 & 0.75 & 0.45 & 0.50 & 0.55 & 0.40 & 0.70 & 0.80 & 0.60 & 0.65 \\ 0.75 & 1.00 & 0.35 & 0.40 & 0.45 & 0.30 & 0.55 & 0.70 & 0.85 & 0.90 \\ 0.45 & 0.35 & 1.00 & -0.60 & -0.70 & 0.25 & 0.40 & 0.50 & 0.30 & 0.20 \\ 0.50 & 0.40 & -0.60 & 1.00 & 0.30 & 0.80 & 0.35 & 0.45 & 0.40 & 0.35 \\ 0.55 & 0.45 & -0.70 & 0.30 & 1.00 & 0.20 & 0.60 & 0.65 & 0.40 & 0.45 \\ 0.40 & 0.30 & 0.25 & 0.80 & 0.20 & 1.00 & 0.25 & 0.35 & 0.30 & 0.25 \\ 0.70 & 0.55 & 0.40 & 0.35 & 0.60 & 0.25 & 1.00 & 0.75 & 0.50 & 0.55 \\ 0.80 & 0.70 & 0.50 & 0.45 & 0.65 & 0.35 & 0.75 & 1.00 & 0.60 & 0.70 \\ 0.60 & 0.85 & 0.30 & 0.40 & 0.40 & 0.30 & 0.50 & 0.60 & 1.00 & 0.80 \\ 0.65 & 0.90 & 0.20 & 0.35 & 0.45 & 0.25 & 0.55 & 0.70 & 0.80 & 1.00 \end{pmatrix} \quad (52)$$

Interdipendenze chiave includono:

- Correlazione molto forte (0.90) tra Burnout da Stress Cronico (7.2) e Vulnerabilità del Periodo di Recupero (7.10)
- Forte correlazione (0.85) tra Burnout da Stress Cronico (7.2) e Cascate di Contagio dello Stress (7.9)
- Alta correlazione (0.80) tra Deficit da Stress Acuto (7.1) e Memoria Compromessa dal Cortisolo (7.8)
- Notevole correlazione negativa (-0.70) tra Risposta di Lotta (7.3) e Risposta di Congelamento (7.5)
- Forte correlazione (0.80) tra Evitamento da Risposta di Fuga (7.4) e Ipercompiacenza da Risposta di Compiacimento (7.6)

## 5 Algoritmi di Implementazione

---

### Algorithm 1 Valutazione delle Vulnerabilità da Risposta allo Stress

---

- 1: Inizializza parametri baseline  $\mu, \Sigma, w$ , soglie di stress
  - 2: Inizializza buffer storico dello stress e rete di contagio
  - 3: **for** ogni passo temporale  $t$  **do**
  - 4:   Raccogli dati proxy comportamentali e fisiologici  $\mathbf{x}(t)$
  - 5:   Stima i livelli di stress correnti  $S(t)$  usando fusione multi-modale
  - 6:   Aggiorna il carico allostatico  $AL(t)$  usando integrazione esponenziale
  - 7:   **for** ogni indicatore  $i \in \{7.1, 7.2, \dots, 7.10\}$  **do**
  - 8:     Calcola lo stato di stress  $S_i(t)$  usando modelli specifici dell'indicatore
  - 9:     Calcola il deficit cognitivo  $C_i(t)$  basato sul livello di stress
  - 10:    Calcola la deviazione comportamentale  $B_i(t)$  dai pattern baseline
  - 11:    Calcola lo stato di recupero  $R_i(t)$  usando decadimento bi-esponenziale
  - 12:    Calcola  $D_i(t) = w_1 S_i(t) + w_2 C_i(t) + w_3 B_i(t) + w_4 R_i(t)$
  - 13:    Aggiorna lo stato temporale con decadimento modificato dallo stress
  - 14:   **end for**
  - 15:   Aggiorna le dinamiche della rete di contagio dello stress
  - 16:   Calcola le correzioni di interdipendenza usando  $\mathbf{R}_7$
  - 17:   Genera alert basati su soglie dinamiche regolate dallo stress
  - 18:   Aggiorna i parametri baseline e i modelli di stress
  - 19:   Registra i risultati per validazione e rilevamento della deriva
  - 20: **end for**
-

## 6 Framework di Validazione

Ogni indicatore di risposta allo stress subisce una validazione continua attraverso molteplici metriche adattate per i fenomeni correlati allo stress:

**Metriche di Classificazione:**

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (53)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (54)$$

$$F_1 = 2 \cdot \frac{Precision \cdot Recall}{Precision + Recall} \quad (55)$$

**Validazione Temporale con Cicli di Stress:** Rilevamento della deriva consapevole dello stress utilizzando test di Kolmogorov-Smirnov con stratificazione temporale:

$$D_{KS}^{stress} = \max_x |F_{high\_stress}(x) - F_{low\_stress}(x)| \quad (56)$$

**Validazione della Correlazione Fisiologica:** Quando disponibile, correlazione con marcatori fisiologici di stress:

$$\rho_{physio} = \frac{\text{Cov}(\hat{S}(t), S_{physio}(t))}{\sqrt{\text{Var}(\hat{S}(t)) \cdot \text{Var}(S_{physio}(t))}} \quad (57)$$

**Accuratezza della Predizione dello Stress:** Per i modelli predittivi, utilizzando l'Errore Assoluto Medio:

$$MAE_{stress} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |S_{predicted}(i) - S_{actual}(i)| \quad (58)$$

**Validazione del Modello di Contagio:** Validazione basata sulla rete utilizzando metriche del modello epidemico:

$$R_0 = \frac{\lambda}{\gamma} \cdot \langle k \rangle \quad (59)$$

dove  $\lambda$  è il tasso di trasmissione,  $\gamma$  è il tasso di recupero, e  $\langle k \rangle$  è la connettività media della rete.

## 7 Conclusioni

Questa formalizzazione matematica delle vulnerabilità da risposta allo stress fornisce una fondazione rigorosa per l'implementazione della Categoria 7 del CPF. Ogni indicatore riceve funzioni di rilevamento esplicite che tengono conto delle complesse manifestazioni fisiologiche e comportamentali dello stress mantenendo l'efficienza computazionale per l'operazione in tempo reale.

La matrice di interdipendenza cattura importanti correlazioni tra vulnerabilità correlate allo stress, consentendo un rilevamento migliorato attraverso analisi multivariata che tiene conto della natura sistematica dello stress organizzativo. Gli algoritmi di implementazione forniscono una guida chiara per l'integrazione del sistema, mentre i framework di validazione assicurano un'accuratezza sostenuta attraverso diverse condizioni di stress.

Il lavoro futuro si concentrerà sull'integrazione di questo framework di risposta allo stress con altre categorie CPF, in particolare Vulnerabilità Basate sull'Autorità (Categoria 1) e Vulnerabilità da Sovraccarico Cognitivo (Categoria 5), che mostrano forti correlazioni teoriche ed empiriche con gli stati di stress. Il rigore matematico consente ricerca riproducibile, implementazioni standardizzate e validazione obiettiva della valutazione delle vulnerabilità basate sullo stress.

La categoria delle vulnerabilità da risposta allo stress funge da fondazione critica per comprendere come gli stati fisiologici e psicologici di stress creano punti ciechi sistematici nella sicurezza. Formalizzando matematicamente questi meccanismi stress-sicurezza, consentiamo il rilevamento e la mitigazione automatizzati delle vulnerabilità che storicamente sono state affrontate solo attraverso risposta reattiva agli incidenti piuttosto che gestione predittiva dello stress.

## References

- [1] Canale, G. (2024). The Cybersecurity Psychology Framework: A Pre-Cognitive Vulnerability Assessment Model Integrating Psychoanalytic and Cognitive Sciences. *Preprint*.
- [2] Selye, H. (1956). *The Stress of Life*. McGraw-Hill.
- [3] McEwen, B. S. (2007). Physiology and neurobiology of stress and adaptation: Central role of the brain. *Physiological Reviews*, 87(3), 873-904.
- [4] Sapolsky, R. M. (2004). *Why Zebras Don't Get Ulcers*. Times Books.
- [5] Lupien, S. J., McEwen, B. S., Gunnar, M. R., & Heim, C. (2009). Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(6), 434-445.
- [6] Easterbrook, J. A. (1959). The effect of emotion on cue utilization and the organization of behavior. *Psychological Review*, 66(3), 183-201.
- [7] Baumeister, R. F., Vohs, K. D., & Tice, D. M. (2007). The strength model of self-control. *Current Directions in Psychological Science*, 16(6), 351-355.