



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BARI ALDO MORO

DIPARTIMENTO DI INFORMATICA

Corso di Laurea in  
Informatica e Tecnologie per la Produzione del Software

Tesi di Laurea in  
Progettazione dell'Interazione con l'Utente

# Analisi della Correlazione fra Stati Emotivi e Usabilità di un Sistema Interattivo

Relatore:  
Prof.ssa Berardina De Carolis

Laureanda:  
Katya Trufanova

ANNO ACCADEMICO 2021 – 2022

# Introduzione

## Problema

---

L'analisi dello stato emotivo degli utenti può migliorare la valutazione dell'usabilità e della User eXperience, ma l'applicazione dell'Affective Computing all'ingegneria dell'usabilità risulta essere limitata.

.....

## Obiettivo

---

Costruzione di un dataset di segnali fisiologici che può essere utilizzato per indagare sulla relazione tra gli stati emotivi degli utenti, l'usabilità e la user experience di un sistema interattivo.

# Usabilità, UX ed Emozioni

## Usabilità

---

«Il grado con cui un prodotto può essere usato da specifici utenti per raggiungere specifici obiettivi con efficacia, efficienza e soddisfazione in uno specifico contesto d'uso» [ISO 9241-11]

## User eXperience (UX)

---

"Le percezioni e le reazioni che derivano dall'uso o dall'anticipazione dell'uso di un prodotto, sistema o servizio" [ISO 9241-210]

## Emozioni

---

Componente fondamentale della UX. Influenzano l'elaborazione delle informazioni ed il processo decisionale.

## Valutazione dell'usabilità

- • •
- • • **Usabilità:** «Il grado con cui un prodotto può essere usato da specifici utenti per raggiungere specifici obiettivi con efficacia, efficienza e soddisfazione in uno specifico contesto d'uso»[ISO 9241].
- • •

### Tecniche tradizionali

- Valutazioni condotte da esperti usabilità ("ispezioni")
- Valutazioni condotte con la partecipazione degli utenti (test di usabilità)

### Tecnica più recente

Utilizzo di Affective Computing per rilevare emozioni e stress provati dagli utenti durante un test di usabilità

# Affective Computing

Uno dei filoni di ricerca dell'Affective Computing (AC) riguarda l'uso della tecnologia per il riconoscimento delle emozioni.

## Emozioni

Fenomeni sperimentati dagli individui, suscitando quattro tipi di reazioni, che possono essere misurate ed attribuite ad uno stimolo:

- sentimenti soggettivi
- reazioni comportamentali
- reazioni espressive (espressioni facciali e vocali)
- reazioni fisiologiche

I tipi di reazioni determinano le categorie di dati di input per il riconoscimento delle emozioni nell'AC:

- le espressioni facciali
- il parlato
- i gesti
- I segnali fisiologici

## ..... Affective Computing e Usabilità .....

Uno dei filoni di ricerca dell'Affective Computing (AC) riguarda l'uso della tecnologia per il riconoscimento delle emozioni sulla base di diversi tipi di input (espressioni facciali, voce, testo, sguardo, gesti, dati fisiologici).

Verificare l'esistenza di una correlazione tra l'usabilità e l'UX di un sistema interattivo ed i **dati fisiologici** degli utenti.

### Vantaggi

1. misurazione istantanea e **continua** di cambiamenti che sfuggono al **controllo consapevole** dell'individuo
2. alto grado di **associazione** tra stimolo e reazione
3. raccolta di dati **non invasiva**, senza interrompere le attività dell'utente
4. disponibilità di **dispositivi indossabili** per l'acquisizione di dati (visibilità discreta, portabilità)

# Studi significativi

## 2016: Frustrazione e problemi di usabilità

**Sperimentazione:** Test di usabilità con monitoraggio dell'attività elettrodermica, analisi dello sguardo, rilevamento dello stato emotivo con il SAM

**Task:** Ricerca su un sito web con evidenti problemi di usabilità

**Risultato:** Correlazione significativa tra picchi dell'attività elettrodermica e livelli di frustrazione

## 2014: Segnali fisiologici e UX di applicazioni mobile

**Sperimentazione:** Test di usabilità con monitoraggio dell'attività elettrodermica e questionari di valutazione

**Task:** Utilizzo di applicazioni per dispositivi mobili

**Risultato:** Correlazione significativa tra attività elettrodermica e valutazione della UX

## 2005: Segnali fisiologici e metriche di usabilità

**Sperimentazione:** Completamento di un task con monitoraggio dell'attività elettrodermica e autosegnalazione di eventi di frustrazione

**Task:** Completamento di tre livelli di un videogioco

**Risultato:** Correlazione tra aumento dell'attività elettrodermica e buone prestazioni nello svolgimento del task

## 2003: Segnali fisiologici e web design

**Sperimentazione:** Test di usabilità con monitoraggio dell'attività elettrodermica, del volume sanguigno e della frequenza cardiaca

**Task:** Interazione con due interfacce web contrastanti

**Risultato:** Risposte fisiologiche marcate ad eventi significativi nell'interazione tra utente ed interfaccia

## Il bracciale Empatica E4

Dispositivo wireless indossabile per l'acquisizione di dati fisiologici nella vita quotidiana in tempo reale. Uno dei dispositivi più utilizzati negli studi sul riconoscimento delle emozioni tramite segnali fisiologici



### Sensori:

- Sensore **PPG** per la fotopletismografia, che misura il moto oscillatorio derivante dalla pulsazione arteriosa, da cui si possono ricavare la frequenza cardiaca e altre caratteristiche cardiovascolari.
- Sensore **EDA** per rilevare la risposta galvanica della pelle, utilizzata per misurare l'eccitazione del sistema nervoso simpatico e per ricavare caratteristiche relative allo stress.
- **Accelerometro** a 3 assi, per rilevare il movimento.
- **Termopila** a infrarossi, per rilevare la temperatura della pelle.



# Sperimentazione

1. Selezione e valutazione del **sistema interattivo** da utilizzare per lo svolgimento dei test di usabilità
2. Progettazione e realizzazione della **versione usabile** del sistema interattivo
3. Svolgimento dei **test di usabilità**
4. Raccolta e costruzione del **dataset**
5. Estrazione delle **features** dai segnali fisiologici
6. **Analisi statistica** dei dati raccolti e il rilevamento di **correlazioni**
7. **Classificazione** automatica del tipo di interfaccia e delle emozioni tramite segnali fisiologici
8. **Previsione** di alcune metriche di usabilità dai segnali fisiologici con algoritmi di regressione

## Il sistema interattivo

**Obiettivo:** rilevare le differenze nelle reazioni fisiologiche degli utenti in base al livello di usabilità del sistema.

**Procedimento:** realizzazione di due versioni di un'interfaccia web una con evidenti problemi di usabilità, l'altra con un livello di usabilità migliore valutato in base delle 10 euristiche di Nielsen.

### Interfaccia “mal progettata”

Questo sito utilizza i cookie, è un problema per te? Ok Si

# UI

User Interface Test

00:07:18

1 2 3 4

1 / 4

Password

email @ domain sito

☒ [Accetto Termini & Condizioni](#)

[Annulla](#) [Ripetizione](#)

Come possiamo aiutarti?

[Manda](#)

La password deve essere almeno 10 caratteri.  
La password deve contenere almeno 1 lettera maiuscola.  
La password deve contenere almeno 1 numero.

### Interfaccia “ben progettata”

# UI

User Interface Test

1 / 4

Password

email @ domain selezione

☒ [Accetto Termini & Condizioni](#)

[Annulla](#) [Avanti](#) [Ripetizione](#)

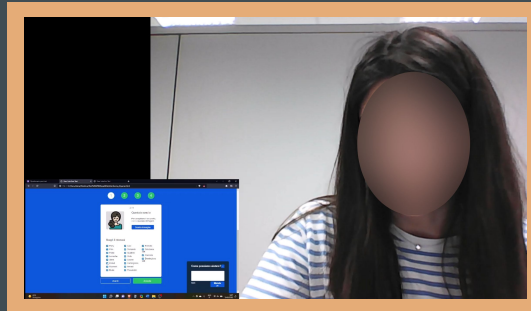
La password deve essere almeno 10 caratteri.  
La password deve contenere almeno 1 lettera maiuscola.  
La password deve contenere almeno 1 numero.

## Test di usabilità e Dataset

Sono stati condotti **test di usabilità** con 15 utenti per tipo di interfaccia.

A partire dai dati raccolti è stato costruito un **dataset** contenente, per ciascun test:

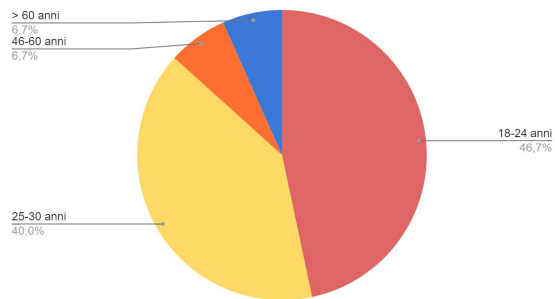
- **dati fisiologici** dell'utente acquisiti con Empatica E4
- registrazione dell'**interazione** dell'utente con l'interfaccia
- registrazione **audio e video** dell'utente
- **informazioni generali** sull'utente (età, genere, livello di familiarità con la tecnologia)
- risultati del questionario **System Usability Scale** (SUS)
- risultati del questionario **User Experience Questionnaire** (UEQ)
- risultati del questionario **Self Assessment Manikin** (SAM)



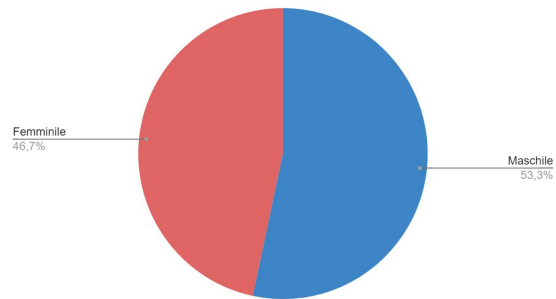
## Campione sperimentale

Di seguito è rappresentata la distribuzione degli utenti per fascia di età, genere e livello di familiarità con la tecnologia.

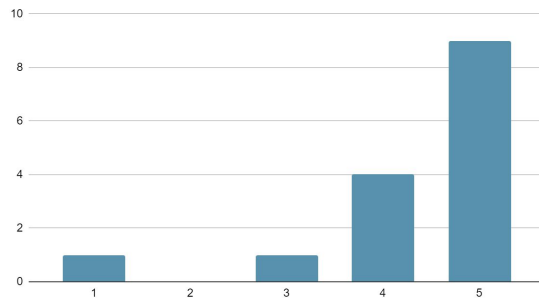
Fascia di età



Genere di appartenenza

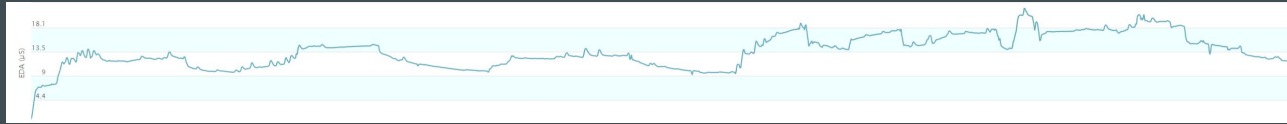


Livello di familiarità con la tecnologia



# Dati fisiologici

- Attività elettrodermica (Electrodermal Activity, EDA): descrive il cambiamento delle proprietà elettriche della pelle



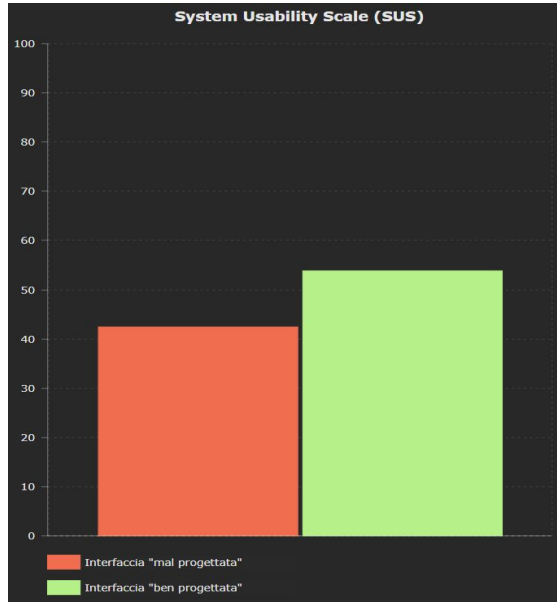
- Pulsazione del volume sanguigno (Blood Volume Pulse, BVP): indica il flusso sanguigno attraverso le estremità



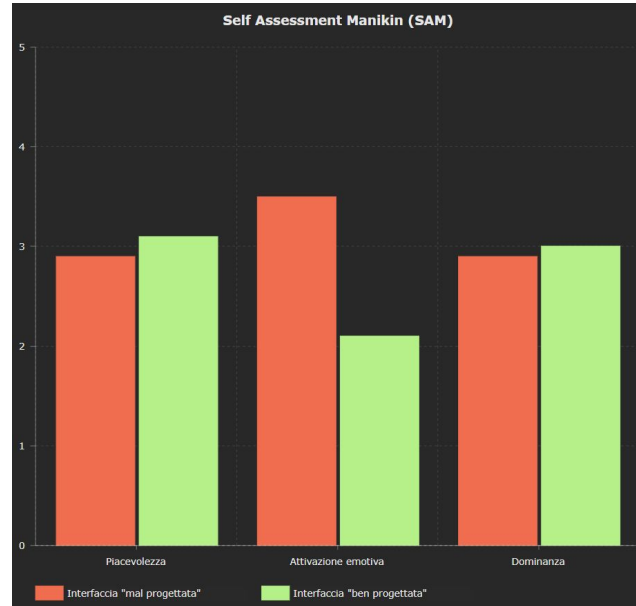
# Metriche di usabilità

Al termine di ciascun test, agli utenti sono stati somministrati i questionari:

System Usability Scale (SUS), User Experience Questionnaire (UEQ) e Self Assessment Manikin (SAM).



T-test:  $\alpha = 0.05$ ,  $p = 0.0000$   
(Differenza significativa)



T-test  
Piacevolezza: 0.0001  
Attivazione emotiva: 0.0009  
Dominanza: 0.0000  
(Differenza significativa)

# Metriche di usabilità



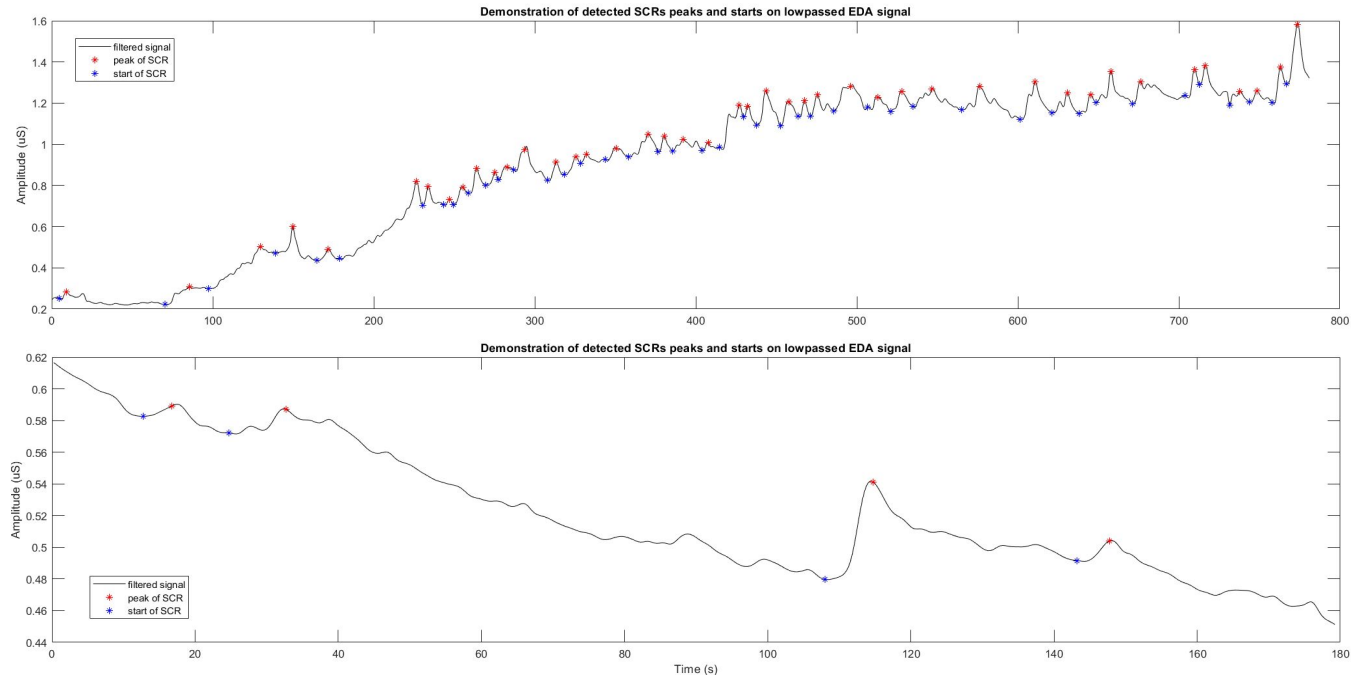
## T-test

Attrattività	0.0000	Differenza significativa
Apprendibilità	0.0000	Differenza significativa
Efficienza	0.0000	Differenza significativa
Controllabilità	0.0000	Differenza significativa
Stimolazione	0.0195	Differenza significativa
Originalità	0.5704	Differenza non significativa

# SCR e Usabilità

## SCR (Skin Conductance Response)

- segmenti del segnale EDA che indicano una risposta ad uno stimolo
- evidenziano eventi significativi nell'interazione tra utente ed interfaccia





## Correlazioni

Sulla base di studi sulla correlazione tra emozioni e segnali fisiologici, sono state estratte caratteristiche discriminanti dai segnali fisiologici. Queste sono state analizzate dal punto di vista statistico e correlate con i risultati dei questionari SUS e UEQ.

	Durata media degli SCR	Ampiezza a media degli SCR	Tempo medio di salita degli SCR	Media del segnale	Numero di SCR
SUS	0.06	-0.08	0.25	0.14	-0.65
UEQ: Attrattività	-0.02	-0.11	0.00	0.18	-0.63
UEQ: Apprendibilità	0.07	0.34	-0.04	0.10	0.54
UEQ: Efficienza	-0.05	-0.05	-0.14	0.04	0.11
UEQ: Controllabilità	0.15	0.12	-0.02	0.11	0.27
UEQ: Stimolazione	-0.14	0.21	0.11	0.20	-0.26
UEQ: Originalità	0.01	-0.04	-0.15	-0.17	0.53

	Media della temperatura	Deviazione standard della temperatura	Media del segnale BVP	Deviazione standard del segnale BVP
SUS	-0.28	-0.23	-0.12	0.24
UEQ: Attrattività	-0.18	-0.23	-0.13	0.38
UEQ: Apprendibilità	0.33	0.01	0.17	-0.46
UEQ: Efficienza	0.05	0.03	0.20	-0.15
UEQ: Controllabilità	0.51	-0.01	0.06	0.03
UEQ: Stimolazione	-0.14	-0.15	0.01	0.12
UEQ: Originalità	0.18	0.20	0.01	-0.25

• • •  
• • •  
• • •  
• • •  
• • •  
• • •  
• • •  
• • •  
• • •  
• • •

# Estrazione di features e classificazione

**Scelta delle features:** studi sulla correlazione tra emozioni e segnali fisiologici

**Estrazione di features** dai dati relativi a:

- attività elettrodermica
- pulsazione del volume sanguigno
- temperatura della pelle

**Strumento:** MATLAB 

.....

**Classification Learner** di MATLAB: valutazione dell'accuratezza di diversi algoritmi di classificazione nel classificare automaticamente la versione dell'interfaccia utilizzata dall'utente in base alle features estratte dai suoi segnali fisiologici.

# Classificazione dell'usabilità

82.1%

(Ensemble Subspace Discriminant)  
(5-fold Cross-Validation)

Accuratezza della  
classificazione automatica  
della versione dell'interfaccia  
utilizzata dall'utente in base  
alle caratteristiche estratte dai  
suoi segnali fisiologici

Segnali fisiologici quali l'attività elettrodermica, la pulsazione del volume sanguigno e la temperatura della pelle possono essere utilizzati per differenziare tra un'interfaccia "cattiva" ed un'interfaccia "buona" nell'ambito dei test di usabilità

## Classificazione delle emozioni

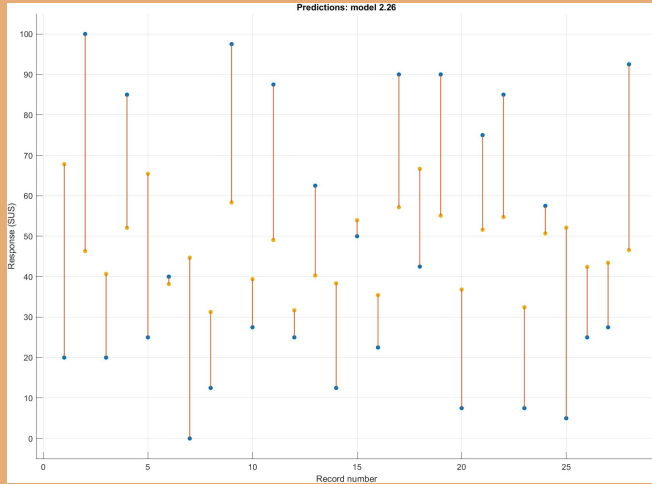
Accuratezza della classificazione degli stati emotivi degli utenti durante lo svolgimento del test, autosegnalati tramite il questionario SAM



Non è stato possibile predire in modo sufficientemente accurato i risultati di autovalutazione delle emozioni forniti dagli utenti sulla base dei segnali fisiologici.

# Previsione dell'usabilità

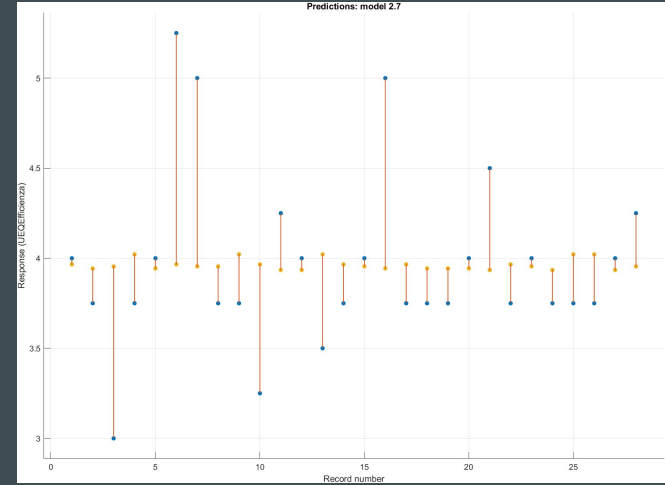
Previsione dei valori SUS e UEQ con diversi algoritmi di regressione tramite **Regression Learner** di MATLAB.



**SUS**

RMSE: 30.455

(Least Squares Regression Kernel)



**UEQ (Efficienza)**

RMSE: 0.48932

(Medium Tree e Coarse Tree)

# Conclusioni

1. Sussistono delle correlazioni moderate tra :

- numero di SCR e valori del SUS
- numero di SCR e alcune categorie dell'UEQ
- temperatura della pelle e una delle categorie dell'UEQ

2. I segnali fisiologici sono stati utilizzati per differenziare tra un'interfaccia "cattiva" ed un'interfaccia "buona" nell'ambito dei test di usabilità con un'accuratezza dell'82.1%

3. Non è stato possibile prevedere in modo sufficientemente accurato i risultati di autovalutazione delle emozioni forniti dagli utenti sulla base dei segnali fisiologici

4. I segnali fisiologici sono stati utilizzati per prevedere i valori SUS con un'accuratezza insufficiente ed i valori UEQ con un'accuratezza soddisfacente

## Sviluppi futuri

- Incrementare il campione sperimentale
- Utilizzare come input sia i dati fisiologici che le espressioni del volto ed il parlato
- Addestrare modelli di classificazione e regressione personalizzati per ciascun utente
- Proporre task più complessi
- Raccogliere dati più dettagliati sullo stato emotivo riportato dagli utenti prima, durante e dopo il test