

Riconoscimento del dolore automatizzato

Relazione di Greta Viganò, Valentina Lorè, Diego Turri e Valeria Cutrì

1. DOLORE

L'International Association for the Study of Pain definisce il dolore come un'esperienza sensoriale ed emotiva spiacevole associata a (o simile a quella associata a) un danno tissutale potenziale o in atto.

Il dolore non è solamente un fenomeno sensoriale, ma è la composizione di:

- una parte percettiva (la nocicezione) che costituisce la modalità sensoriale che permette la ricezione e il trasporto al sistema nervoso centrale di stimoli potenzialmente lesivi per l'organismo. Questa componente neurologica è costituita da un circuito a tre neuroni che convoglia lo stimolo doloroso dalla periferia alla corteccia cerebrale mediante le vie spino-talamiche.
- una parte esperienziale (quindi del tutto privata, la vera e propria esperienza del dolore) che è lo stato psichico collegato alla percezione di una sensazione spiacevole. Questa componente psichica è responsabile della valutazione critica dell'impulso algogeno, riguarda la corteccia cerebrale e la formazione reticolare e permette di discriminare l'intensità, la qualità e il punto di provenienza dello stimolo nocivo; da queste strutture vengono modulate le risposte reattive.

Il dolore ha una funzione fondamentale nella sopravvivenza dell'individuo, come segnale della necessità di intraprendere una reazione a seguito di un'aggressione o di un danno all'integrità fisica.

2. CLASSIFICAZIONE DEL DOLORE:

Attualmente, quasi tutte le classificazioni del dolore si fondono sul lavoro di esperti del settore che affrontano aspetti specifici del fenomeno.

Queste classificazioni si basano su un unico criterio, sono quindi monodimensionali.

Gli aspetti che si possono usare per classificare il dolore sono:

- **Origine:**
 - Nocicettivo: attacco esterno al sistema nervoso, che attiva i meccanismi fisiologici del dolore. Il dolore nocicettivo si può a sua volta suddividere a seconda della provenienza anatomica dello stimolo:
 - Somatico: veicolato dalle fibre afferenti somatiche che trasportano le sensazioni dolorose dalla testa, dal tronco e dalle estremità. Rispondono a stimoli quali pressione, trazione, taglio, sfregamento, variazioni termiche, variazioni del pH, azioni enzimatiche.

- Viscerale: veicolato dalle fibre che decorrono nei nervi simpatici e parasimpatici. Gli impulsi nocivi vengono evocati da stimoli quali distensione brusca dei visceri, contrazioni, irritanti chimici, infiammazione.
- Misto: interessa strutture sia somatiche che viscerali.
- Riferito: si manifesta in una sede diversa da quella in cui si origina (es. dolore al braccio nel corso di un infarto)
- Neuropatico: danneggiamento del sistema nervoso
- Memoria: nonostante la risoluzione del danno neuroanatomico, rimane una traccia della percezione dolorosa
- Iatrogeno: l'azione di cura è l'origine del dolore, spesso usato per l'effetto collaterale dei farmaci (es. terapie oncologiche)
- Postoperatorio
- Psicogeno: diagnosi conseguente alla certezza di assenza di cause organiche
- **Durata:**
 - Acuto: dolore nocicettivo conseguente a un danno tissutale o a un trauma, il dolore scompare con la riparazione del danno
 - Cronico: ha durata superiore a 3 mesi e comporta cambiamenti nello stile di vita e nella personalità del paziente, fattori di mantenimento indipendenti dall'azione dei nocicettori
 - Transitorio: si attivano i nocicettori ma non vi è danno tissutale e scompare con la cessazione dello stimolo
 - Recidivo: si manifesta ad intervalli di tempo
 - Persistente: si mantiene nel tempo per la permanenza dello stimolo nocicettivo
- **Tempismo:**
 - Continuo: perdura per più di una giornata senza mai recedere completamente
 - Alternante: si manifesta solo in specifici periodi della giornata e non ha correlazione con attività, movimenti, ritmi biologici o situazioni psicofisiche
 - Incidente: determinato da movimenti attivi o passivi

Per avere un quadro più completo della situazione dolorifica del paziente è meglio affidarsi ad una classificazione multidimensionale. Attualmente quella più utilizzata è quella proposta dalla *Task Force on Taxonomy* della IASP, una delle più esaustive e globali per il dolore cronico.

Tale tassonomia ruota attorno a cinque assi, ognuno dei quali descrive una caratteristica del dolore.

3. MISURARE IL DOLORE:

- **Scala VAS**

La scala VAS è una retta di 10 cm con due estremità che corrispondono a “nessun dolore” = 0 e il massimo possibile (oppure il massimo di cui si ha avuto esperienza) = 10. È uno strumento unidimensionale e fisico, che quantifica ciò che il malato soggettivamente percepisce come dolore, oppure come sollievo. Al paziente verrà chiesto di segnare con una crocetta un punto tra le due linee; successivamente il clinico misurerà con un righello i millimetri che distanziano la X disegnata dal paziente dalla linea corrispondente a nessun dolore. Il dolore misurato tramite VAS viene espresso con un valore a 2 cifre (es 40, 60, 75, ecc.).

- **Scala verbale VDS**

La scala verbale semplice VDS è unidimensionale e ripropone il susseguirsi di aggettivi che quantificano il dolore. Al paziente verrà chiesto di indicare quale tra gli aggettivi proposti caratterizza meglio il suo dolore: NESSUNO; MOLTO LIEVE; LIEVE; MODERATO FORTE; MOLTO FORTE.

- **Scala numerica NRS**

La scala NRS si basa sull'utilizzo di una scala costituita da 11 gradi da 0 a 10, dove 0 corrisponde alla totale assenza di dolore e 10 rappresenta il peggior dolore immaginabile dal paziente. La valutazione del dolore viene effettuata chiedendo al paziente di assegnare un punteggio corrispondente al dolore provato

- **Scala Wong Baker o delle espressioni facciali**

La scala HFPRS è composta da disegni di faccine con diverse espressioni: da sorridente (che significa nessun dolore) fino al pianto disperato (che significa il peggior dolore possibile). È un sistema di valutazione che viene utilizzato nei bambini o nelle persone che hanno difficoltà espressive. Il bambino, o l'adulto, deve indicare quale espressione, in quel momento, rappresenta meglio la sua sensazione dolorosa

- **Scala FLACC**

La scala FLACC è utilizzata per la valutazione del dolore nei bambini tra i 2 mesi e i 7 anni d'età sulla base di cinque parametri: espressione facciale, gambe, attività, pianto, consolabilità. Il nome deriva dall'acronimo inglese dei cinque parametri (face, leg, activity, cry, consolability).

Anche questo è un modo per classificare il dolore, basato sull'intensità percepita dal paziente.

Le scale non possono essere ufficialmente confrontate tra di loro, in quanto non ci sono evidenze scientifiche che ne dimostrino la corrispondenza.

Proprio per questo motivo, negli ultimi tempi si sta cercando di utilizzare, almeno negli studi clinici, un'unica tipologia di scala che è la scala NRS.

4. LA NOCICEZIONE

La nocicezione è il processo sensitivo in base al quale uno stimolo lesivo è captato a livello periferico e trasmesso al cervello.

Prima di giungere alla corteccia cerebrale lo stimolo muta in tre eventi: trasduzione, trasmissione e modulazione.

5. LA TRASDUZIONE

La trasduzione è la fase in cui lo stimolo nocivo viene recepito e convertito in impulso elettrico per essere poi trasmesso.

I recettori responsabili dell'inizio dell'informazione dolorifica a livello periferico si chiamano **nocicettori**.

I nocicettori sono le terminazioni delle fibre afferenti primarie che portano i segnali nocicettivi al midollo spinale. Sono localizzati praticamente in tutti i tessuti dell'organismo (livello cutaneo, muscolare, articolare e viscerale) e rispondono a stimoli che causano danno reale o potenziale ai tessuti.

La caratteristica morfologica saliente dei nocicettori è la mancanza di strutture corpuscolate, tipiche degli altri recettori sensoriali. I nocicettori sono infatti terminazioni nervose libere. Ciò si traduce nel fatto che essi non possiedono o possiedono in misura limitata barriere che prevengano il contatto con sostanze chimiche presenti nel liquido extracellulare. Questa peculiarità è alla base del meccanismo di trasduzione degli stimoli nocivi, che si basa sulla liberazione, dovuta a danno tessutale, di alcune sostanze che determinano l'attivazione o la sensibilizzazione dei nocicettori.

I nocicettori sono sensibili alle forme d'energia degli stimoli che attivano anche altri recettori, per esempio i meccanocettori. Ciò che, in realtà, differenzia i vari gruppi (per esempio, i nocicettori meccanici dai meccanocettori) è l'intensità dello stimolo. Infatti, la stessa forma d'energia può attivare un gruppo di recettori se l'intensità dello stimolo è al di sotto di una determinata soglia, oppure i nocicettori se la soglia viene superata.

I nocicettori si possono quindi classificare in base al tipo di stimolo a cui rispondono. Vi sono quindi nocicettori:

- Meccanici: stimoli cutanei intensi (pizzichi o punture), danno una sensazione di dolore vivo.
- Termici: attivati da calore o freddo nocivi, a varie temperature (in genere <-5 e >45 °C)
- Chimici: rilevano e si attivano in presenza di sostanze dannose o derivate da cambiamenti dei tessuti interni
- Polimodali: sono attivati da vari stimoli e producono un dolore sordo
- Silenti o dormienti: presenti soprattutto nei visceri, sono insensibili agli stimoli precedentemente descritti. Reagiscono invece a torsione, distensione e ischemia di un viscere.

Le principali molecole responsabili dell'attivazione dei nocicettori sono:

- Proteine dei canali TRP (transient receptor potential), una famiglia che comprende molti dei canali ionici coinvolti nell'attivazione dei nocicettori. L'intera gamma di

temperature, dal freddo nocivo al calore nocivo, sembra essere trasmessa dall'attività in questi canali ionici.

Alcuni dei canali TRP termosensibili rispondono anche a stimoli chimici e meccanici.

- Adenosina trifosfato (ATP), la molecola che trasporta energia in tutte le cellule del corpo. Viene rilasciato da tutti i tessuti durante traumi e altri cambiamenti patologici associati alla morte cellulare. Per questo motivo, l'ATP è stata considerata una sostanza segnale generale per traumi e dolore tissutale.

L'ATP è particolarmente importante per il dolore muscolare perché è presente nelle cellule muscolari in alta concentrazione.

- Proteine dei canali ASIC, canali ionici sensibili all'acido. Le molecole recettive appartenenti a questa famiglia sono sensibili a piccole variazioni nel pH. Quasi tutti i cambiamenti patologici nei muscoli implicano un calo di pH dei tessuti, quindi questi canali sono molto importanti per il dolore muscolare.

Diversi altri mediatori chimici possono attivare i nocicettori; questi sono tipicamente rilasciati in seguito a una lesione tissutale, e comprendono ioni potassio, serotonina e bradichinina. Queste molecole causano una attivazione diretta dei terminali nocicettivi e l'insorgenza di potenziali d'azione, tramite cui il segnale viene trasmesso alle strutture centrali. Vi sono poi ulteriori sostanze che non attivano direttamente i nocicettori, ma piuttosto aumentano la sensazione di dolore in risposta a stimoli naturali e altre sostanze chimiche endogene aumentando la frequenza d'azione del potenziale di sparo.

6. TRASMISSIONE

La sensazione di dolore è trasmessa dal sistema nocicettivo (dal latino *nocēre*), analogo ad altri sistemi sensoriali, quali il visivo o l'acustico.

Lo stimolo dolorifico trasformato in segnale elettrico viaggia sotto forma di potenziale d'azione lungo la via del dolore per raggiungere la corteccia cerebrale.

Questo percorso è suddivisibile in 3 tratti principali:

- Vie periferiche afferenti: costituite dai neuroni sensitivi primari, o di primo ordine. I corpi cellulari dei neuroni sensitivi primari sono posizionati in prossimità della colonna vertebrale e organizzati in gangli (della radice dorsale per la periferia e nel ganglio del trigemino per il viso, alla base del cranio) uno per ciascuna vertebra e per ciascun lato del corpo. I neuroni dei gangli dorsali sono cellule a T, il che significa che partendo dall'origine nel ganglio dorsale il neurone si biforca in due assoni, uno centrale, che penetra nelle corna dorsali del midollo spinale, e uno periferico, che si estende nel SNP fino alle strutture da innervare e termina in rami creando campi recettivi.

Gli assoni si distinguono a seconda del tipo delle fibre nervose da cui sono composti:

- Fibre A-delta: mielinizzate, conduzione rapida, i nocicettori alle loro estremità rispondono a stimoli termici e meccanici, dolore pungente e localizzato
- Fibre C: amieliniche, lenta conduzione, nocicettori polimodali, dolore diffuso e persistente, dolore viscerale.

Questa via porta il segnale dalla periferia al corno posteriore della sostanza grigia del midollo spinale.

- Vie midollari afferenti: attraverso le radici posteriori, gli stimoli afferenti decorrono nel midollo e risalgono a partire dalle corna posteriori.

Le fibre afferenti arrivano nella parte posteriore della sostanza grigia midollare, dove attuano sinapsi con i neuroni di secondo ordine, i quali arriveranno fino al circolo postero-laterale del talamo.

- Vie nociceettive cerebrali: il segnale algico è arrivato nelle strutture del tronco cerebrale e nel talamo, il quale lo invia alla corteccia cerebrale, dove sarà possibile localizzare e identificare lo stimolo.

Il segnale dolorifico, una volta arrivato nel cervello viene interpretato e percepito.

La trasmissione sinaptica tra le fibre nociceettive e i neuroni spinali è mediata principalmente dal rilascio di glutammato, il più comune neurotrasmettore eccitatorio a livello di sistema nervoso centrale. Tuttavia, la trasmissione del segnale avviene anche attraverso il rilascio di neuropeptidi, tra i quali la sostanza P, e di fattori neurotrofici. Il rilascio di queste sostanze è in grado di modulare in maniera molto significativa l'eccitabilità dei neuroni delle corna dorsali.

7. MODULAZIONE

Una parte degli stimoli dolorifici dal talamo viene condotta all'ipotalamo, che diventa responsabile dell'attivazione di una serie di reazioni endocrine e neurovegetative che possono associarsi al d., come nausea, vomito, bradicardia o tachicardia e ipertensione. Il talamo trasmette inoltre le informazioni ricevute alla corteccia cerebrale dove si realizza il meccanismo della percezione, dell'analisi e della memorizzazione, ossia della coscienza dell'evento doloroso. I neuroni di diverse aree cerebrali sono in grado di rispondere a stimoli dolorosi. In particolare, le aree talamiche proiettano alla corteccia somatosensitiva localizzata nel giro postcentrale. Altre due aree corticali, il giro cingolato e la corteccia insulare, sono coinvolte nel processo di elaborazione della dimensione psicoemotiva del dolore.

Diversamente dalle altre modalità sensoriali, oltre alla componente sensorio-discriminativa, il dolore ha un'importante componente affettivo-motivazionale che utilizza sia il sistema ascendente di cui sopra, sia sistemi polisinaptici, filogeneticamente molto antichi, che proiettano in modo diffuso a tutti i lobi cerebrali e in particolare al sistema limbico. Analogamente alle altre modalità

sensoriali, anche il dolore è sotto il controllo di vie centrifughe, i sistemi antinocicettivi discendenti, che filtrano il segnale in ascesa a vari livelli del sistema nervoso centrale (SNC)

La scoperta di fibre discendenti che modulano l'attività delle vie nociceettive ha permesso di spiegare in parte il concetto di soglia del dolore. Queste fibre hanno origine dalla corteccia frontale e dall'ipotalamo; sono fibre adrenergiche e serotoninerigiche e arrivano fino alle corna posteriori del midollo. La tradizionale distinzione fra sensazione (talamica) e percezione (corticale) è stata abbandonata, per questi meccanismi integrati di modulazione, che spiegano la reazione individuale al dolore e la possibilità corticale di sopprimere o di modificare la percezione di esso, spec. attraverso gli opioidi endogeni.

L'attività neuronale nelle corna dorsali è fortemente influenzata da vie discendenti inibitorie che originano da centri superiori dell'encefalo. Queste aree attivano vie discendenti che rilasciano modulatori (opioidi endogeni, noradrenalina, serotonina), capaci di inibire gli stimoli dolorosi afferenti a livello delle corna dorsali del midollo spinale.

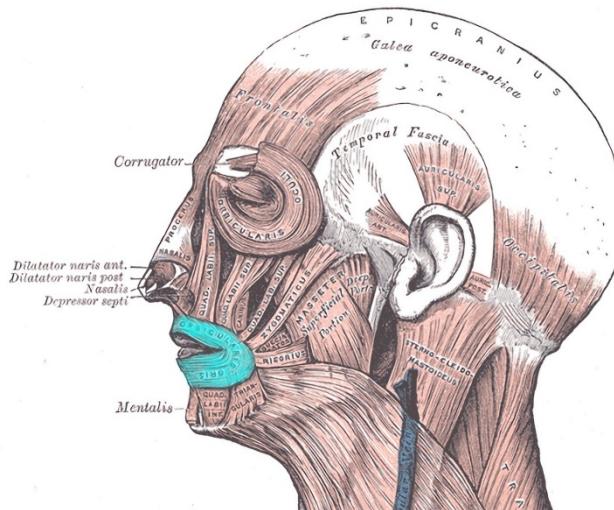
8. LE ESPRESSIONI FACCIALI

Un'**espressione facciale** è la composizione dei movimenti, o posizioni, di uno o più muscoli che si trovano sotto la pelle della nostra faccia, questi movimenti trasmettono lo stato emotivo di un individuo a un osservatore.

L'espressione facciale è infatti un **forma non verbale di comunicazione**, è il mezzo primario con cui gli umani comunicano informazioni sociali. Le espressioni si verificano anche nella maggior parte dei mammiferi e in altre specie animali.

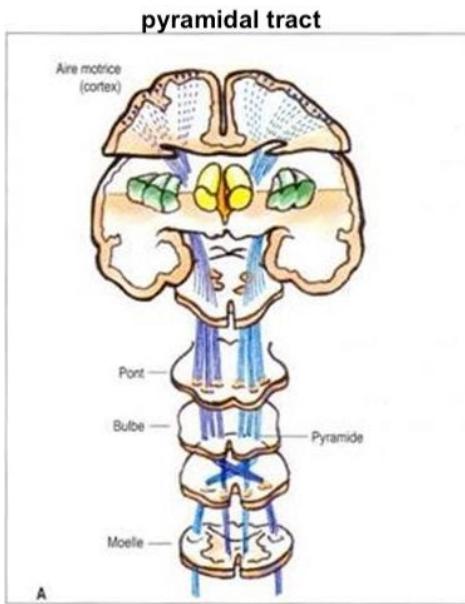
Nonostante alcune differenze tra l'uomo e gli altri mammiferi, sono state identificate espressioni facciali legate al dolore anche in roditori, conigli, gatti e cavalli.

Le espressioni facciali sono causate dai movimenti dei muscoli che sono connessi alla pelle tramite fasce, uno strato di tessuto connettivo fibroso che collega i muscoli alla cute del volto. Questi muscoli muovono la pelle, creando linee e pieghe che causano il movimento dei lineamenti facciali, come ad esempio la bocca e le sopracciglia. Questi muscoli compaiono alla quarta settimana di sviluppo dell'embrione a partire dal secondo arco faringeo.

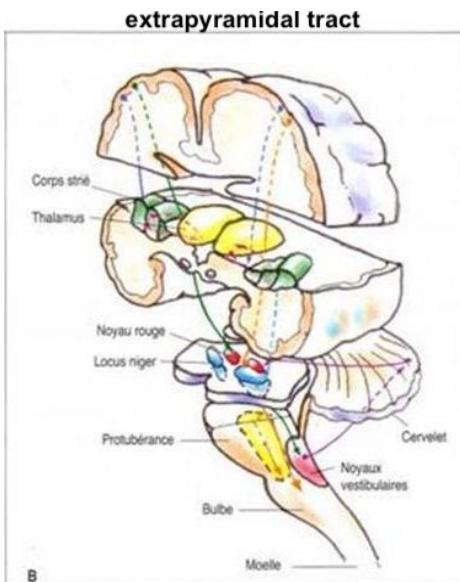


Ci sono due percorsi nel cervello associati alle espressioni facciali: quello delle espressioni **volontarie** e quello delle espressioni **emotive**.

Le **espressioni volontarie** viaggiano attraverso la corteccia motoria primaria tramite il sistema piramidale (o via piramidale, è un sistema di vie nervose). La corteccia è associata alle regole di manifestazione delle emozioni, ovvero i precetti sociali che influenzano e modificano le espressioni. Per questo motivo le espressioni correlate alla corteccia sono fatte **consapevolmente**.



Le **espressioni emotive** sono originate dal sistema extrapiramidale, che fa parte della rete del sistema motorio che provoca azioni involontarie. Per questa ragione le emozioni genuine non sono associate alla corteccia e sono spesso manifestate **inconsciamente**.



Questo è dimostrato dai bambini di età inferiore ai due anni, che infatti esibiscono diverse emozioni come ad esempio disgusto, interesse, paura e ciò indica che non sono correlate alla corteccia. Similmente i bambini non vedenti manifestano emozioni e questo prova che queste ultime non sono state apprese ma provengono dal subconscio.

9. L'ESPRESSONE FACCIALE DI DOLORE

L'espressione facciale di dolore è un potente mezzo per comunicare il dolore.

Il dolore è definito come una esperienza altamente soggettiva, tuttavia ci sono dei comportamenti che rendono il dolore comprensibile in contesti sociali (da parte di altre persone). Solitamente i **comportamenti associati al dolore** sono divisi in **comportamenti verbali**, come un'esclamazione o una descrizione del dolore che si sta provando, e **comportamenti non verbali**, come le espressioni facciali o i movimenti del corpo.

Si ritiene comunemente che i comportamenti associati al dolore svolgano una **funzione comunicativa**, per esempio urlando per farsi notare, cercare di farsi capire attraverso l'espressione facciale, o una **funzione protettiva**, come quando ad esempio si zoppica.

I ricercatori nel campo del dolore hanno per lo più usato metodi che sono stati sviluppati nel campo delle emozioni, come ad esempio il **Facial Action Coding System** (FACS), un sistema per descrivere tutti i movimenti del viso e codificare le espressioni. Scomponete le espressioni facciali in 44 singole componenti del movimento muscolare, chiamate **Action Unit** (AU, unità d'azione).

Upper Face Action Units					
AU 1	AU 2	AU 4	AU 5	AU 6	AU 7
Inner Brow Raiser	Outer Brow Raiser	Brow Lowerer	Upper Lid Raiser	Cheek Raiser	Lid Tightener
*AU 41	*AU 42	*AU 43	AU 44	AU 45	AU 46
Lid Droop	Slit	Eyes Closed	Squint	Blink	Wink
Lower Face Action Units					
AU 9	AU 10	AU 11	AU 12	AU 13	AU 14
Nose Wrinkler	Upper Lip Raiser	Nasolabial Deepener	Lip Corner Puller	Cheek Puffer	Dimpler
AU 15	AU 16	AU 17	AU 18	AU 20	AU 22
Lip Corner Depressor	Lower Lip Depressor	Chin Raiser	Lip Puckerer	Lip Stretcher	Lip Funneler
AU 23	AU 24	*AU 25	*AU 26	*AU 27	AU 28
Lip Tightener	Lip Pressor	Lips Part	Jaw Drop	Mouth Stretch	Lip Suck

Per trovare le AU legate alla espressione di dolore si è utilizzato il FACS abbinato a diversi esperimenti, come ad esempio lo studio di fotografie rappresentanti persone che soffrono (LeResche L. "Facial expression in pain: A survey of candid photographs.", 1982), lo studio delle espressioni facciali delle persone che rispondono al "cold pressor test" (il test del pressore freddo è un test cardiovascolare eseguito immergendo la mano in un contenitore di acqua ghiacciata, di solito per un minuto, e misurando le variazioni della pressione sanguigna e della frequenza cardiaca) (Craig KD. e Patrick CJ. "Facial expression during induced pain.", 1985), lo studio della reazione al dolore indotto da scosse elettriche (Patrick CJ, Craig KD "Observer judgments of acute pain: Facial action determinants.", 1986).

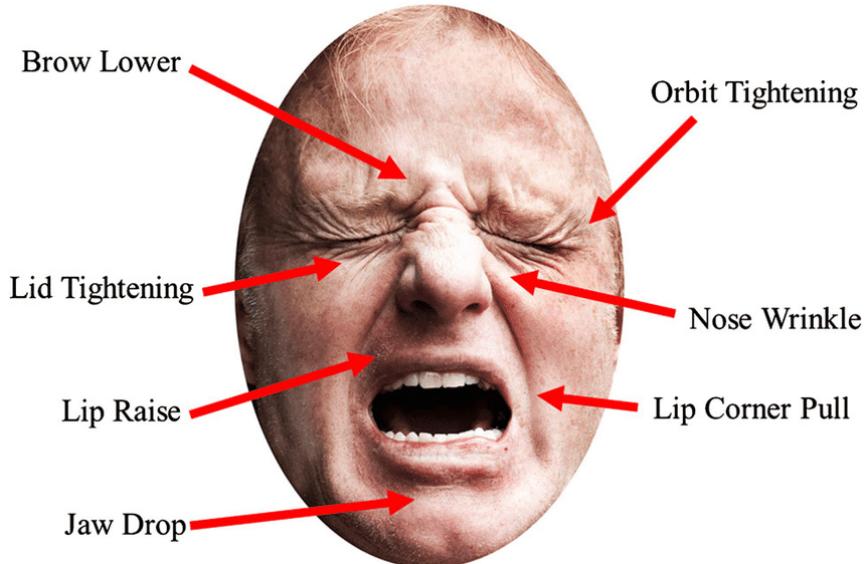
La relativa coerenza con cui le stesse azioni sono state associate al dolore in questi studi ha permesso di trovare un'**espressione del dolore universale**.

In particolare l'espressione umana di dolore è caratterizzata da:

- abbassamento delle sopracciglia
- contrazione degli occhi e contrazione dell'orbita,
- arricciamento del naso e sollevamento del labbro superiore,
- apertura della bocca

In alcune categorie del dolore si aggiunge anche:

- arricciamento dell'angolo delle labbra
- sbattimento delle palpebre



10. APPROFONDIMENTO STORICO E CULTURALE

Charles Darwin ha caratterizzato l'espressione del dolore in questo modo:

...[in pain] the mouth may be closely compressed, or more commonly, the lips are retracted, with the teeth clenched or ground together...the eyes stare wildly as if in horrified astonishment.
 (Darwin C. "The expression of emotion in man and animals.", 1872)

[nel dolore] la bocca può essere strettamente compressa, o più comunemente, le labbra sono retratte, con i denti serrati o digrignati insieme ... gli occhi fissano selvaggiamente come se fossero inorriditi e attoniti.

Quello di Darwin è stato il primo grande tentativo di porre lo studio dell'espressione del dolore su una base scientifica. Il suo approccio al dolore era coerente con le sue opinioni sulle **emozioni** in

generale. Si è concentrato sui comportamenti espressivi come mezzo per comprendere l'origine e le funzioni degli stati motivazionali e affettivi. È stato riconosciuto il ruolo esplicito dei comportamenti di comunicazione non verbale come adattamenti funzionali.

Il contributo di Darwin allo studio dell'espressione del dolore, come il più ampio contributo allo studio della comunicazione emotiva di cui faceva parte, è stato in gran parte dimenticato per un secolo. Una delle ragioni è stata la svolta della scienza comportamentale **dall'universalismo al relativismo culturale** avvenuta all'apice del XX secolo. Altre ricerche hanno messo in dubbio l'idea che ci fosse qualcosa di discreto e universale da trovare nell'espressione facciale.

Per colpa del calo di interesse nel campo, gli studi sull'espressione del dolore furono sporadici e ebbero poca influenza fino agli anni '70.

L'unico studio degno di nota è di Chapman e Jones (dei ricercatori che nel 1944 hanno pubblicato il paper: "Variations in cutaneous and visceral pain sensitivity in normal subjects." in italiano "Variazioni della sensibilità al dolore cutaneo e viscerale in soggetti normali.") hanno usato il calore per valutare la "reazione al dolore". Hanno osservato che la regione facciale che circonda l'**occhio** porta importanti informazioni sul dolore.

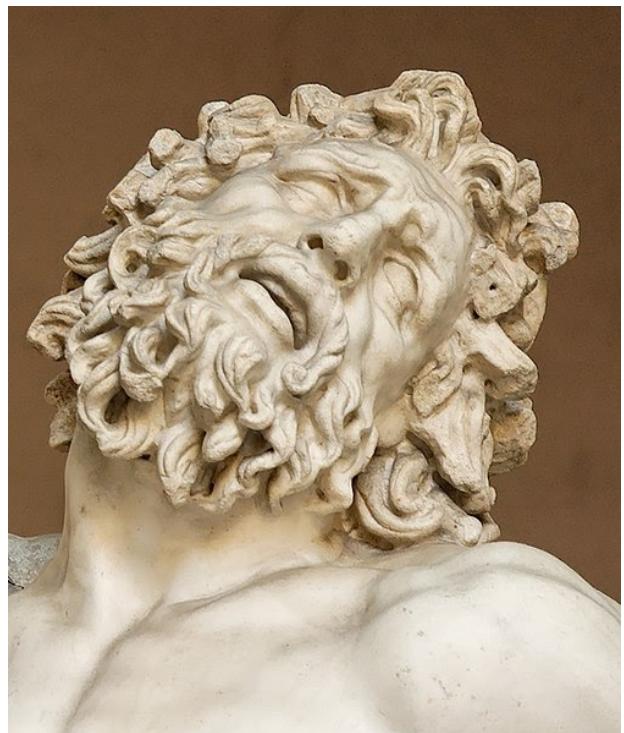
Si possono identificare quattro fonti del riemergere dell'interesse per l'espressione del dolore:

- In primo luogo, negli anni '70, gli psicologi che applicavano il modello operante hanno proposto il concetto di "**pain behaviour**" (comportamento del dolore). Questo approccio ha rilevato che quasi tutte le inferenze sul dolore derivano dalle osservazioni del comportamento e focalizzano l'attenzione su quei comportamenti.
- Il secondo era la continua ricerca della **perfetta misurazione del dolore**. I ricercatori hanno cercato metodi migliori per misurare il dolore. Allora, come oggi, gli studi sull'uomo dipendevano in gran parte dai resoconti verbali, nonostante la lunga tradizione di preoccupazioni circa la loro obiettività, suscettibilità ai pregiudizi e validità. In quanto comportamento manifesto correlato all'esperienza del dolore, l'espressione facciale ha offerto una base per valutare il dolore che potrebbe aver aggirato i problemi dell'autovalutazione e fornito una misura più "oggettiva". I primi lavori hanno mostrato che gli indici dell'espressione facciale potrebbero essere sensibili sia alle variazioni del dolore sia alle variabili che si ritiene influenzino il dolore.
- La terza influenza è nata dal campo delle emozioni. Alcune ricerche (Ekman P. con "Pan-cultural elements in facial displays of emotion. Science." del 1969, e Izard con "The Face of Emotion." del 1971) hanno sostenuto la conclusione che esiste un **insieme discreto di emozioni di base universali** identificabili nelle espressioni facciali.
- La quarta, e probabilmente la più importante influenza, ha coinvolto i **progressi nella metodologia**.

Gli esseri umani sono sempre stati sensibili all'espressione facciale del dolore. Gli artisti dall'epoca classica a quella contemporanea hanno saputo catturare il senso della sofferenza attraverso le rappresentazioni del volto.

Ad esempio il gruppo scultoreo di Laocoonte e i suoi figli (tra I secolo a.C. e I secolo d.C.), una scultura ellenistica raffigurante un episodio narrato nell'Eneide che mostra il sacerdote troiano

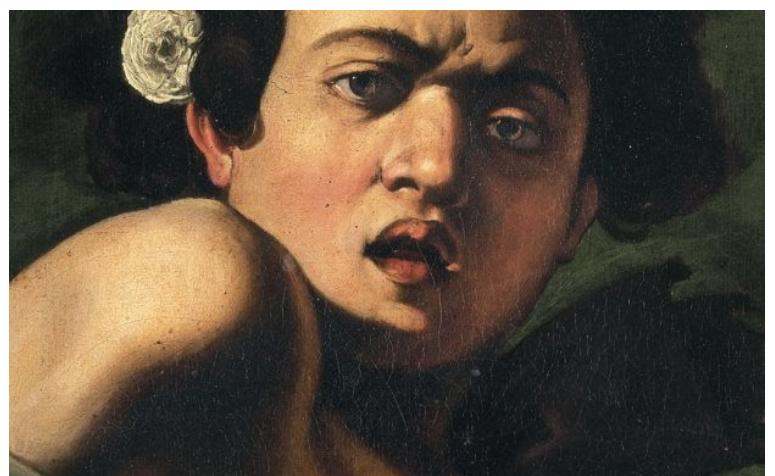
Laocoonte e i suoi figli assaliti da serpenti marini. L'agonia del sacerdote è notevole per il suo uso del viso per rappresentare il dolore agonizzante.



si può notare:

- abbassamento delle sopracciglia
- contrazione degli occhi,
- sollevamento del labbro superiore,
- apertura della bocca

Un'altro esempio è quello di Caravaggio nel quadro "il ragazzo morso da un ramarro" (1595-1596). Quest'opera raffigura un ragazzo morso da una lucertola che sbuca dai fiori in cui era nascosta.



In questo caso si può notare:

- abbassamento delle sopracciglia
- sollevamento del labbro superiore,
- apertura della bocca

Come ultimo esempio si può osservare il dipinto di Frida Kahlo "senza speranza" (1945). All'epoca in cui dipinge "senza speranza", la mancanza di appetito ha causato una perdita di peso così grave che Frida deve essere alimentata attraverso un imbuto.



Si può notare:

- abbassamento delle sopracciglia
- contrazione degli occhi
- apertura della bocca

11. ALGORITMO

Il dolore non è come le altre espressioni ma ha una componente psicologica molto più importante ed evidente rispetto alle altre, quindi le reazioni cambiano molto in base alla cultura, all'esperienza e al soggetto che lo sta provando.

1. SOFTWARE

1. clonazione della repository da github.

```
[ ] !git clone https://github.com/misbah4064/facial_expressions.git  
Cloning into 'facial_expressions'...  
remote: Enumerating objects: 29, done.  
remote: Counting objects: 100% (29/29), done.  
remote: Compressing objects: 100% (29/29), done.  
remote: Total 14243 (delta 12), reused 0 (delta 0), pack-reused 14214  
Receiving objects: 100% (14243/14243), 240.06 MiB | 34.46 MiB/s, done.  
Resolving deltas: 100% (235/235), done.  
Checking out files: 100% (14004/14004), done.
```

2. accesso alla cartella di lavoro e creazione delle cartelle di supporto all'algoritmo.



```
%cd facial_expressions/  
%mkdir -p data_set/{anger,happy,neutral,sad}
```



```
/content/facial_expressions
```

3. smistamento delle immagini nel database principale nelle cartelle create nel passaggio precedente.

```
[ ] import cv2
with open('happy.txt','r') as f:
    img = [line.strip() for line in f]
for image in img:
    loadedImage = cv2.imread("images/"+image)
    cv2.imwrite("data_set/happy/"+image,loadedImage)
print("done writing")

done writing
```

4. individuazione volti nelle foto smistate e salvataggio volti con identificativo assegnato.
Salvataggio nella cartella dataset.

```
[ ] import cv2

with open('happy.txt','r') as f:
    images = [line.strip() for line in f]

face_detector = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_frontalface_default.xml')

# For each Emotion, enter one numeric face id
face_id = input('\n Enter Emotion id end press <return> ==>  ')

count = 0

for image in images:
    img = cv2.imread("data_set/happy/"+image)
    gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    faces = face_detector.detectMultiScale(gray, 1.3, 5)

    for (x,y,w,h) in faces:
        cv2.rectangle(img, (x,y), (x+w,y+h), (255,0,0), 2)
        count += 1

    # Save the captured image into the datasets folder
    cv2.imwrite("dataset/User." + str(face_id) + '.' + str(count) + ".jpg", gray[y:y+h,x:x+w])

print("\n Done creating face data")

Enter user id end press <return> ==> 1
Done creating face data
```

5. dopo l'avvio della porzione di codice l'algoritmo comincerà ad utilizzare le immagini contenute in dataset per “allenarsi” a riconoscere le espressioni inserite all'inizio.

```

▶ import cv2
import numpy as np
from PIL import Image
import os

# Path for face image database
path = 'dataset'

recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()
detector = cv2.CascadeClassifier("haarcascade_frontalface_default.xml");

# function to get the images and label data
def getImagesAndLabels(path):

    imagePaths = [os.path.join(path,f) for f in os.listdir(path)]
    faceSamples=[]
    ids = []

    for imagePath in imagePaths:

        PIL_img = Image.open(imagePath).convert('L') # convert it to grayscale
        img_numpy = np.array(PIL_img,'uint8')

        id = int(os.path.split(imagePath)[-1].split(".")[1])
        faces = detector.detectMultiScale(img_numpy)

        for (x,y,w,h) in faces:
            faceSamples.append(img_numpy[y:y+h,x:x+w])
            ids.append(id)

    return faceSamples,ids

print ("\n [INFO] Training faces....")
faces,ids = getImagesAndLabels(path)
recognizer.train(faces, np.array(ids))

# Save the model into trainer/trainer.yml
recognizer.write('trainer/trainer.yml')

# Print the numer of Emotions trained and end program
print("\n [INFO] {0} Emotions trained. Exiting Program".format(len(np.unique(ids))))

```



[INFO] Training faces....
[INFO] 2 faces trained. Exiting Program

6. inserimento immagine per testare le capacità di riconoscimento dell'algoritmo.

```

▶ import cv2
import numpy as np
import os

recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()
recognizer.read('trainer/trainer.yml')
cascadePath = "haarcascade_frontalface_default.xml"
faceCascade = cv2.CascadeClassifier(cascadePath);

font = cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX

#iniciate id counter
id = 0

# Emotions related to ids: example ==> Anger: id=0, etc
names = ['Anger', 'Happy', 'None', 'None', 'None', 'None']

# Initialize and start realtime video capture
cam = cv2.VideoCapture(0)
cam.set(3, 640) # set video width
cam.set(4, 480) # set video height

# Define min window size to be recognized as a face
minW = 0.1*cam.get(3)
minH = 0.1*cam.get(4)

# ret, img =cam.read()
img = cv2.imread("dwayne.jpg")
# img = cv2.flip(img, -1) # Flip vertically

gray = cv2.cvtColor(img,cv2.COLOR_BGR2GRAY)

faces = faceCascade.detectMultiScale(
    gray,
    scaleFactor = 1.2,
    minNeighbors = 5,
    minSize = (int(minW), int(minH)),
)

for(x,y,w,h) in faces:
    cv2.rectangle(img, (x,y), (x+w,y+h), (0,255,0), 2)
    id, confidence = recognizer.predict(gray[y:y+h,x:x+w])

    # Check if confidence is less them 100 ==> "0" is perfect match
    if (confidence < 100):
        id = names[id]
        confidence = "  {0}%".format(round(100 - confidence))
    else:
        id = "unknown"
        confidence = "  {0}%".format(round(100 - confidence))

    cv2.putText(img, str(id), (x+5,y-5), font, 1, (255,255,255), 2)
    cv2.putText(img, str(confidence), (x+5,y+h-5), font, 1, (255,255,0), 1)

cv2.imwrite("dwayne_johnson.jpg",img)

print("\n [INFO] Done detecting and Image is saved")
cam.release()
cv2.destroyAllWindows()

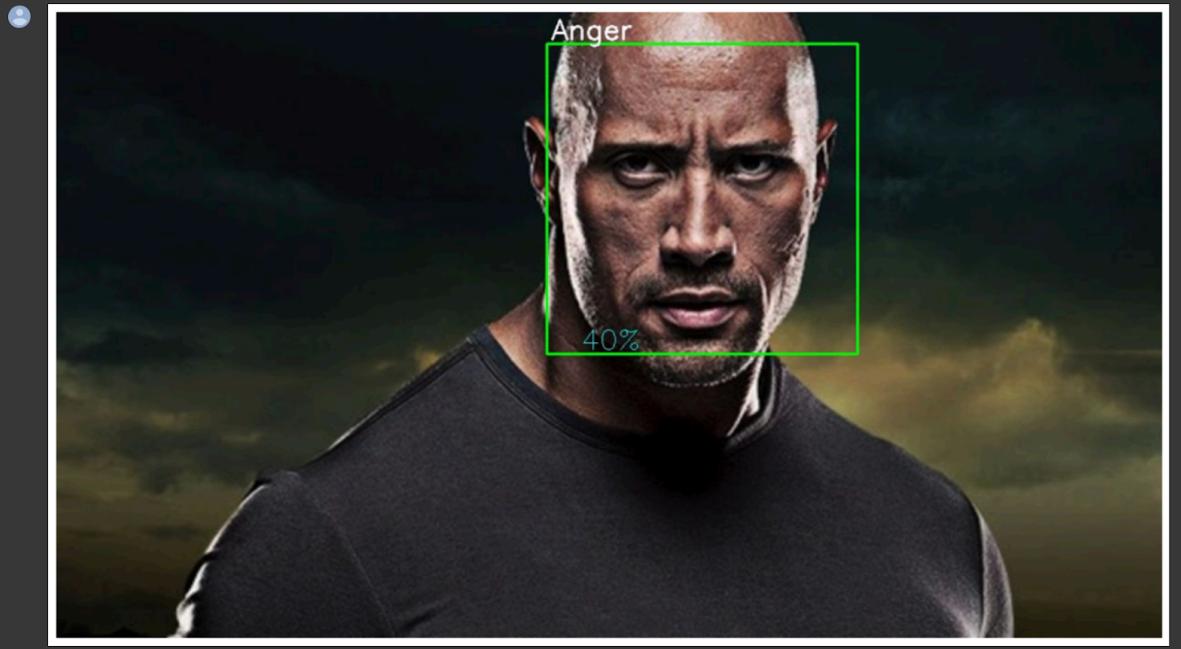
```



[INFO] Done detecting and Image is saved

7. porzione di codice necessaria per mostrare il risultato ingrandito.

```
▶ import cv2  
import matplotlib.pyplot as plt  
%matplotlib inline  
  
image = cv2.imread("dwayne_johnson.jpg")  
height, width = image.shape[:2]  
resized_image = cv2.resize(image,(3*width, 3*height), interpolation = cv2.INTER_CUBIC)  
  
fig = plt.gcf()  
fig.set_size_inches(18, 10)  
plt.axis("off")  
plt.imshow(cv2.cvtColor(resized_image, cv2.COLOR_BGR2RGB))  
plt.show()
```



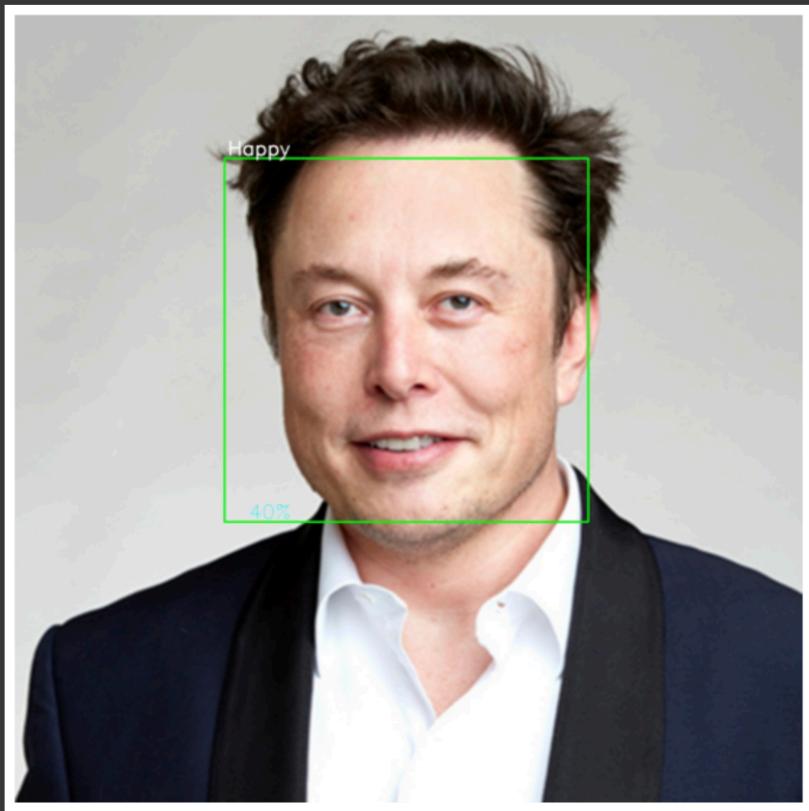
2 s

```
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt
%matplotlib inline

image = cv2.imread("elon_musk.jpg")
height, width = image.shape[:2]
resized_image = cv2.resize(image,(3*width, 3*height), interpolation = cv2.INTER_CUBIC)

fig = plt.gcf()
fig.set_size_inches(18, 10)
plt.axis("off")
plt.imshow(cv2.cvtColor(resized_image, cv2.COLOR_BGR2RGB))
plt.show()
```

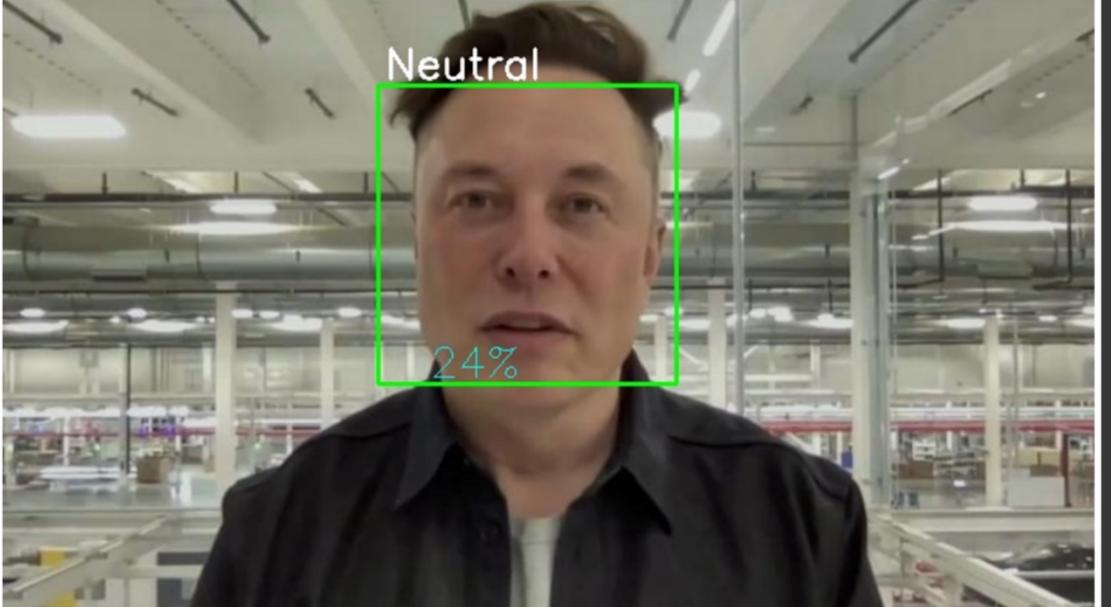
C→



```
✓ 2 s
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt
%matplotlib inline

image = cv2.imread("neutral_result.jpg")
height, width = image.shape[:2]
resized_image = cv2.resize(image,(3*width, 3*height), interpolation = cv2.INTER_CUBIC)

fig = plt.gcf()
fig.set_size_inches(18, 10)
plt.axis("off")
plt.imshow(cv2.cvtColor(resized_image, cv2.COLOR_BGR2RGB))
plt.show()
```



La situazione si diventa complicata ed interessante quando si prova ad insegnare all'algoritmo un'espressione per la quale non è stato testato: l'espressione del dolore.

2. DATABASE

Per insegnare una nuova espressione è necessario innanzitutto trovare un buon database. Dopo aver trovato le immagini delle espressioni che si vogliono insegnare, si procede creando un piccolo programma in java che estrae tutti i nomi delle immagini contenute nel database. Il risultato servirà per creare il file di testo che serve per smistare il database principale nelle varie cartelle delle espressioni. Si importa creando un file pain.txt e vi si inseriscono tutti i nomi delle immagini del database. Si aggiungono, poi, le immagini stesse al database interno al codice.

3. TEST RICONOSCIMENTO DOLORE

Provando ad avviare le immagini usando lo stesso algoritmo prima e dopo il riconoscimento del dolore, si può notare che questo comincerà a confondersi e qualsiasi espressione gli si presenti, verrà riconosciuta come espressione di dolore.

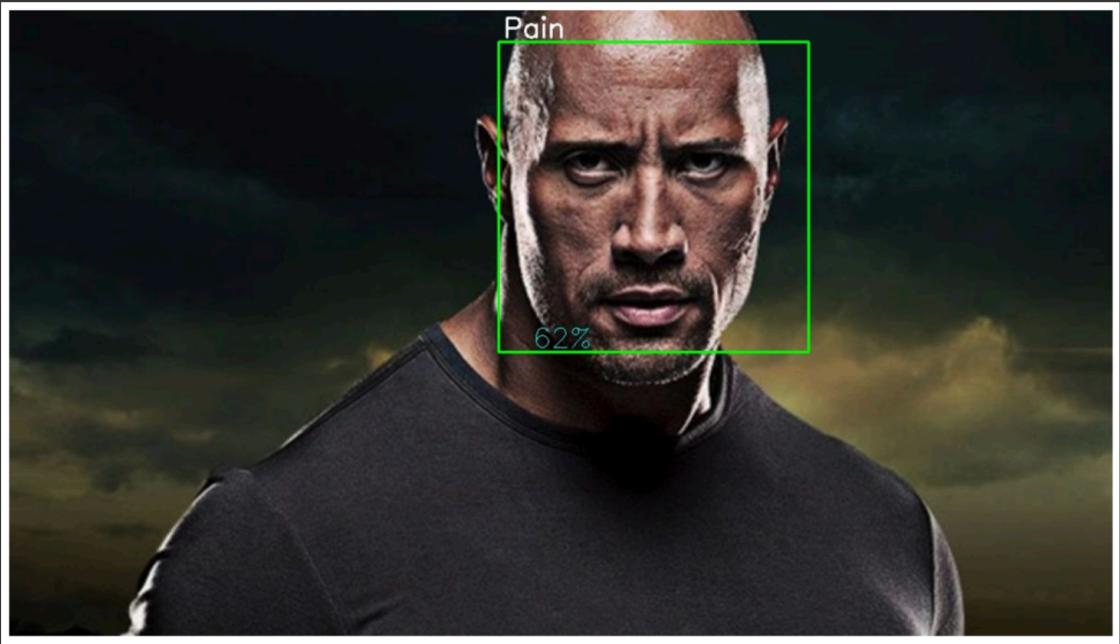
2 s

```
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt
%matplotlib inline

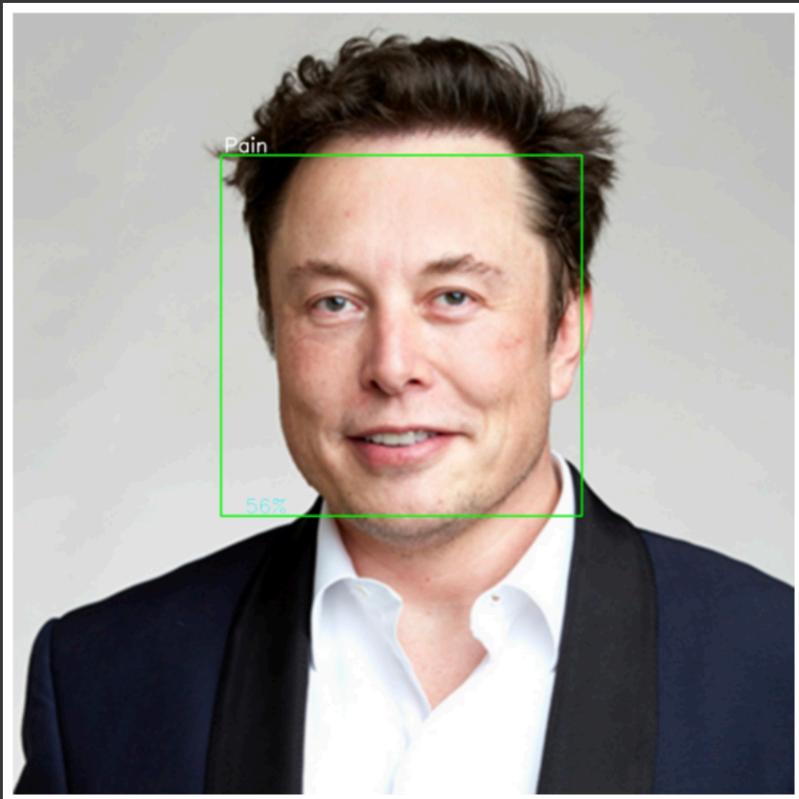
image = cv2.imread("dwayne_johnson.jpg")
height, width = image.shape[:2]
resized_image = cv2.resize(image,(3*width, 3*height), interpolation = cv2.INTER_CUBIC)

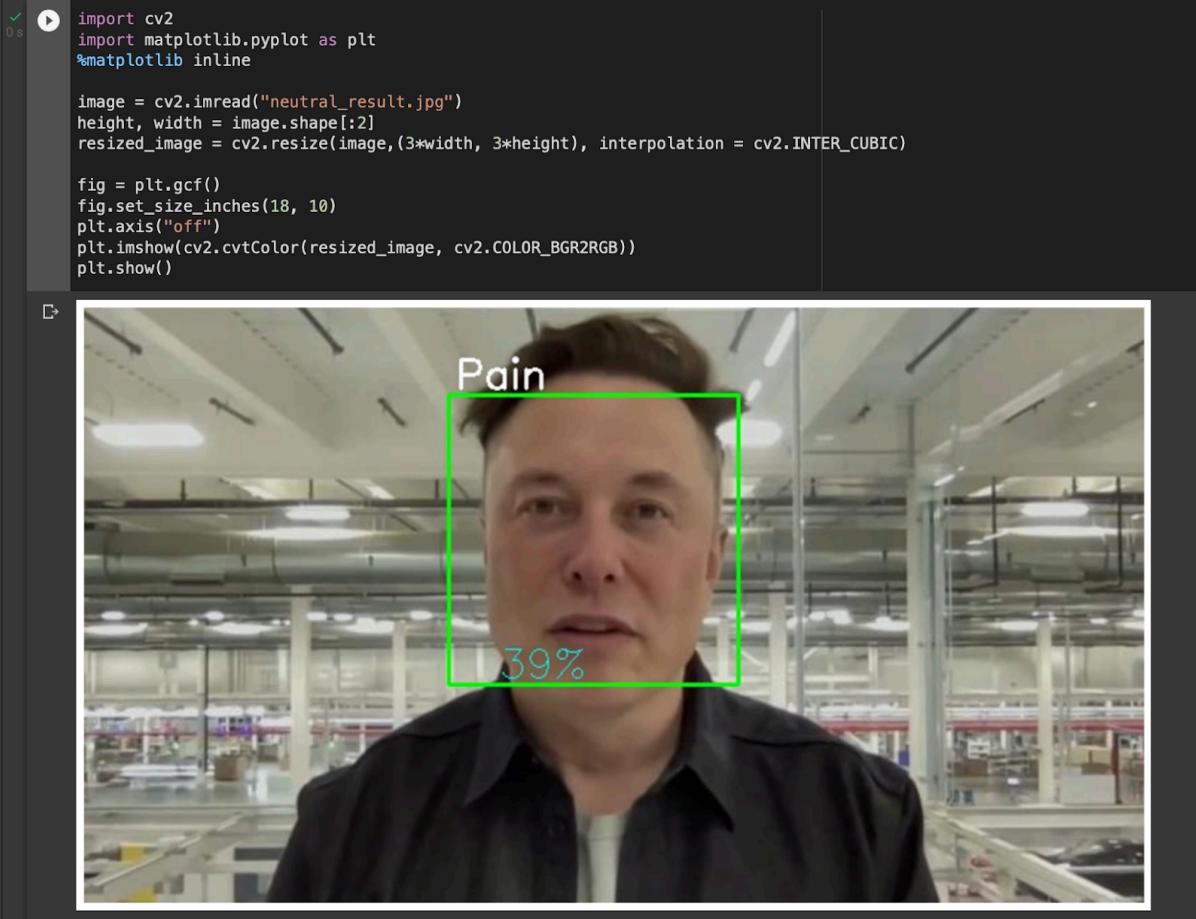
fig = plt.gcf()
fig.set_size_inches(18, 10)
plt.axis("off")
plt.imshow(cv2.cvtColor(resized_image, cv2.COLOR_BGR2RGB))
plt.show()
```

C>



```
3 s [ ] import cv2
import matplotlib.pyplot as plt
%matplotlib inline
Esegui cella (⌘/Ctrl+Enter)
cella eseguita dall'ultima modifica  on_musk.jpg")
eseguita da Diego Turri      :shape[:2]
11:33 (0 minuti fa)          :size(image,(3*width, 3*height), interpolation = cv2.INTER_CUBIC)
esecuzione completata tra 3.265 s
fig.set_size_inches(18, 10)
plt.axis("off")
plt.imshow(cv2.cvtColor(resized_image, cv2.COLOR_BGR2RGB))
plt.show()
```





Si pensava che questo problema fosse dovuto dall'impurità dei dati interni al database. Se si andasse a guardare le immagini del database preso in considerazione, si può vedere con facilità che i soggetti a volte ridono ed a volte sembrano arrabbiati. Questo non avviene a causa di un impurità nel database poiché i soggetti stavano provando effettivamente dolore in quel momento, ma deriva più da una complessità evidente nell'espressione di dolore. Infatti anche un essere umano faticherebbe nel riconoscere come dolore alcune espressioni presenti del database. Eccone alcuni esempi:



Si può dire che nel campo del dolore è difficile trovare molte informazioni, infatti non è possibile trovare un algoritmo che rilevi direttamente il dolore ma è possibile addestrarne uno per il riconoscimento delle espressioni meno complesse come felicità e tristezza. Inoltre il database non contiene immagini di persone che stanno provando dolore in quel momento ma piuttosto immagini di persone che lo stanno simulando, ed è l'unico database accessibile di questo tipo. Probabilmente la simulazione del dolore introduce ulteriore rumore nell'espressione da riconoscere, ma il fatto che l'algoritmo non abbia funzionato ha permesso di notare due cose importanti:

- il dolore non è univoco, ma dipende molto da tanti fattori intrecciati tra loro e perciò anche l'espressione del dolore risulta confusa a volte. Anche se esiste un'espressione universale del dolore, le persone reagiscono in maniera molto diversificata agli stimoli o comunque pensano alla reazione simulata in maniera molto diversa tra loro.

- l'importanza assoluta che hanno i dati con cui si addestra l'algoritmo. Infatti è probabile che si confonda dopo avergli insegnato a riconoscere il dolore a causa dell'impurità dei dati ricevuti come input.

È possibile notare come sia relativamente semplice riconoscere e separare espressioni come felicità e tristezza rispetto alla difficoltà che si incontra nel separare la tristezza dal dolore, la rabbia dal dolore o addirittura perfino la felicità dal dolore basti pensare alle foto nel database di espressioni di dolore simulato in cui molte persone avevano una espressione sorridente. Questo è il motivo centrale del perché non è stato possibile trovare algoritmi che riguardassero il riconoscimento del dolore. Probabilmente essendo più difficile da riconoscere, più difficile da separare dalle altre espressioni e meno popolare tra le persone, finisce per non avere la stessa diffusione e popolarità rispetto ad altre espressioni più comuni.

4. ANALOGIA CON LA STORIA

Nel corso della storia il dolore viene visto in diversi modi:

- Si parte dalla visione del dolore della cultura babilonese che veniva guarito attraverso la “magia” e miscugli di erbe naturali (infatti i medici babilonesi erano chiamati medici-maghi);



- Si giunge poi alla visione del dolore come una punizione divina che hanno sempre avuto religioni come l'ebraismo, in cui il curatore era a tutti gli effetti il sacerdote;



- Si arriva alle culture asiatiche dove il dolore nella storia non viene combattuto ma viene accettato come parte della vita. Ad esempio, nel buddismo, il superamento del dolore avveniva attraverso il raggiungimento della pace interiore.



Quindi ogni popolo e cultura nei confronti del dolore reagiva in modo diverso ma sempre in modo abbastanza astratto. Nel V secolo a.C. Ippocrate descrisse il dolore finalmente come uno squilibrio fisico e quindi una cosa che poteva essere fisicamente spiegata e curata.



Nel corso della storia le invasioni barbariche portarono all'avvento nel medioevo e l'illuminismo fece progredire la scienza fino ai giorni nostri. Oggi infatti è saputo che tutti i personaggi e le culture citate precedentemente in parte avevano ragione ma anche torto nel descrivere il dolore, poiché non è né una cosa prettamente psicologica né prettamente fisica, ma è un complicato intreccio tra le due cose.

5. ALGORITMO FINALE

A San Diego è stato sviluppato un algoritmo di apprendimento automatico per il riconoscimento delle espressioni chiamato CERT (Computer Expression Recognition Toolbox), il quale è stato testato per riconoscere la differenza tra l'espressione di dolore reale e un'espressione di dolore che viene simulata. I test effettuati hanno dato come risultato che un essere umano seppure sia naturalmente in grado di percepire correttamente le espressioni ed emozioni dei suoi simili, non supera il 50% di accuratezza quando si parla di riconoscimento del dolore simulato e anche se addestrata la sua capacità di individuare espressioni di dolore reale rimane inferiore al 60%. Utilizzando l'algoritmo CERT si è dimostrata la potenzialità del Machine Learning. L'algoritmo ha ottenuto una precisione dell'85% sul riconoscimento del dolore simulato. ****Queste tecnologie sono ancora agli albori** e già in questo specifico campo l'algoritmo CERT ottiene una precisione

largamente maggiore rispetto ad un essere umano. Questo risultato dimostra anche che il futuro spingerà molto in questa direzione e quindi che algoritmi come CERT avranno un enorme effetto sulla società ed il modo in cui vivremo nei prossimi anni.

12. VANTAGGI E SVANTAGGI DELL'INTRODUZIONE DELL'ALGORITMO IN SOCIETÀ

Gli scienziati che si occupano di riconoscimento automatizzato delle emozioni sostengono che i loro studi siano necessari per un'evoluzione naturale della tecnologia biometrica. Se gli esseri umani comunicano tra loro guardandosi e adattando le risposte in base ai feedback emotivi ricevuti, allora anche una macchina, per interagire efficacemente con l'uomo, deve poter determinare come ci si senta a livello emotivo e come si reagisca agli input. Lo scopo dichiarato è quello di migliorare l'interazione con i dispositivi e renderli più sensibili ai desideri e bisogni dell'utente. Si stima che l'industria dell'emotio AI, che l'anno scorso si aggirava attorno al valore di 19,5 miliardi di dollari, possa raggiungere la quotazione di 37,1 miliardi di dollari entro il 2026. Questo sta accadendo nonostante la tecnologia abbia trovato un debole consenso tra gli attori sociali, come dimostrato grazie a un sondaggio effettuato nel Regno Unito tra il 2015 e il 2018 che ha rivelato come solo l'8% delle persone prese in esame fosse d'accordo ad avere dati sulle emozioni collegati a informazioni personali.

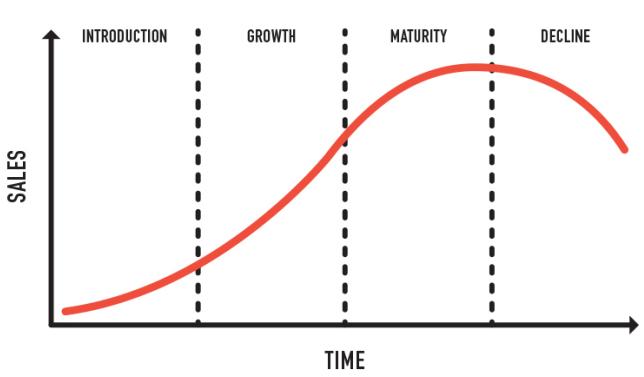
Uno degli ostacoli per il raggiungimento di una percentuale più alta di consensi è il timore dell'eliminazione dell'interazione emotiva umana. La trasmissione delle emozioni uomo-uomo verrebbe sostituita da quella uomo-macchina. Inoltre non ci sarebbe completa corrispondenza tra le espressioni facciali e gli stati mentali interni, nel senso che non tutto ciò che appare sul volto indica necessariamente un'esperienza interna e, allo stesso modo, non tutto ciò che un individuo prova a livello interno si manifesta sul volto. Il rischio è che la percentuale d'empatia, caratteristica umana, scenda drasticamente e che le emozioni non vengano più trasmesse direttamente. La creazione di un algoritmo di riconoscimento delle emozioni elimina la possibilità di errore nella percezione dei sentimenti altrui, che, tuttavia, appartiene comunque al processo umano e considera il rapporto tradizionale tra azione e reazione.



Questi algoritmi sembrano basati su presupposti essenzialmente sbagliati: seguono le teorie dello psicologo Paul Ekman, che negli anni Settanta ha sostenuto che gli esseri umani esprimano un numero ridotto di emozioni (rabbia, disgusto, tristezza, gioia, paura, sorpresa), smentendosi, però, negli anni Novanta aggiungendone altre (divertimento, disprezzo, contentezza, imbarazzo, eccitazione, colpa, orgoglio dei propri successi, sollievo, soddisfazione, piacere sensoriale, vergogna). Altri scienziati nel 2019 hanno condotto diversi studi sulle tecnologie di riconoscimento emotivo e hanno concluso che mancano evidenze scientifiche per poter trarre con sicurezza la felicità da un sorriso o la tristezza da un broncio: hanno dunque capito che le emozioni sono espresse in molti modi diversi in base al contesto culturale di riferimento.

Un altro campo a cui potrebbe essere di supporto questo algoritmo sarebbe quello economico: se si utilizzassero le emozioni per valutare l'indice di soddisfazione del cliente per un prodotto, le aziende potrebbero determinare statistiche più definite sull'andamento di quel prodotto sul mercato e compiendo scelte strategiche più adeguate, aumentando il ricavato. Prendendo come

esempio un film, generalmente il trailer viene pubblicizzato tramite la riproduzione inserita tra le storie degli utenti di Instagram o tra i post della bacheca personale. Al momento esiste già un algoritmo che monitora l'attenzione dell'utente in base a quanto tempo dedichi a visualizzarlo; se si aggiungesse l'apporto dell'analisi delle emozioni, si verrebbe a conoscenza di quanto attrattivo sia il trailer, di quali emozioni suscita e se effettivamente l'utente lo stia guardando con attenzione o stia facendo altro.



In questo modo è possibile esaminare con quale probabilità l'utente sia poi invogliato a vedere il film per intero. Se ad oggi le statistiche possono avere un certo margine di errore, con il supporto di questo algoritmo potrebbe essere ristretto e quindi svolgere delle previsioni di mercato più accurate sulla cinematografia, come su qualsiasi altro prodotto, abbigliamento, automobili, articoli di design e così via.

L'unico intralcio sarebbe rappresentato dall'art. 615 bis del Codice Penale, secondo il quale, pur non esistendo il divieto di cattura di immagini in luoghi pubblici, non è possibile fare altrettanto in luoghi privati. Nel caso in cui venisse inserita come clausola nell'informativa sulla privacy e fosse accettata da chi usufruirebbe del servizio, allora non si violerebbe alcuna legge, poiché l'utente, avendo accettato, dovrebbe essere a conoscenza della cosa.

L'art 615 bis del Codice Penale così recita:

"Chiunque, mediante l'uso di strumenti di ripresa visiva o sonora, si procura indebitamente notizie o immagini attinenti alla vita privata svolgentesi nei luoghi indicati nell'articolo 614(1), è punito con la reclusione da sei mesi a quattro anni.[...]"

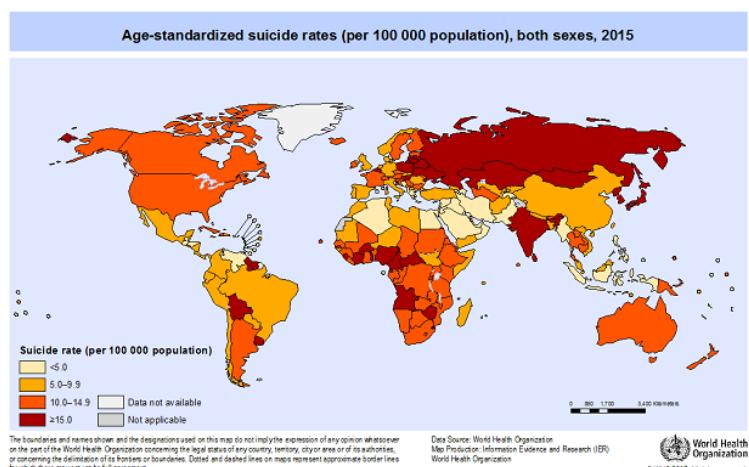
(1): i luoghi indicati nell'art. 614 del Codice Penale sono: abitazione o altro luogo di privata dimora.

L'algoritmo potrebbe essere utilizzato a supporto delle macchine della verità: oltre che con i battiti cardiaci, sarebbe possibile misurare le emozioni che prova l'imputato. Una volta analizzati i dati, si potrà quindi dare una sentenza più precisa sull'affidabilità di certe testimonianze e sulla colpevolezza degli accusati. Questo utilizzo potrebbe velocizzare i processi giudiziari che, al giorno d'oggi, sono lenti e richiedono diversi anni, creando grandi problemi in Italia così come in altri Paesi.

Un altro ambito di utilizzo potrebbe essere quello della medicina moderna: sarebbe possibile monitorare lo stato dei degenti in ospedale evitando quindi che ci siano letti occupati da pazienti che effettivamente non avvertono dolore, ma che magari soffrono di solitudine o in generale che non vogliono tornare a casa per varie ragioni. In tal caso l'intervento degli esperti non sarebbe tanto medico quanto psicologico, procederebbero, quindi, con un'assistenza di diverso tipo.

La gamma di possibilità di sviluppo di questo algoritmo a scopo medico in realtà è molto ampia: il dolore è stato al centro di diversi studi. Le Istituzioni stanno esortando l'uso di terapie appropriate che potrebbero fornire esiti migliori e al primo tentativo più facilmente nei casi in cui venissero affilati sistemi di monitoraggio del dolore analoghi a quello di cui si sta trattando. In un individuo la costante presenza di dolore instaura depressione, ansia e altri disturbi emotivi e, quindi, ha un grosso impatto sulla sua vita. Queste problematiche vanno trattate nel modo più tempestivo e completo possibile, comprendendole, interpretandole e inserendole nel corretto nesso fisiopatologico per attuare un'adeguata terapia. Purtroppo, come in tutte le cose, vi sono delle limitazioni per quanto riguarda problemi fisici e paralisi che potrebbero alterare o annullare del tutto la lettura.

Si potrebbe indagare come un algoritmo sulla percezione del dolore o, in senso più ampio, delle emozioni possa influire sulla società moderna in campo economico e medico. Ma non è possibile sapere cosa il futuro riservi e come la tecnologia possa fondersi con la vita quotidiana e quanto possa migliorarla o peggiorarla. Queste innovazioni consentono l'apertura a nuovi scenari nel rapporto uomo macchina, in cui sarà più probabile riuscire a programmare computer in grado di leggere con più accuratezza anche altre espressioni, non necessariamente negative, come la soddisfazione per la propria vita. Si immagini una società come quella asiatica, in cui il tasso di suicidio è altissimo e causato soprattutto dalla pressione sociale e lavorativa/scolastica. Si pensi quindi di inserire un algoritmo che misuri la soddisfazione per la propria vita in una scuola o in un ufficio; con tutta probabilità la frequenza dei suicidi diminuirebbe e si potrebbe intervenire con psicologi e analisti.



Non sarebbe, quindi, un algoritmo un aiuto alla vita?

