



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di
PSICOLOGIA

Corso di Laurea Triennale in
Scienze e tecniche psicologiche,
classe L-24

Interpretazione dei colori e la percezione delle emozioni tramite i colori facciali umani

*Interpretation of colors and the perception of
emotions through human facial colors*

Relatore

Prof. Corrado Caudek

Candidato

Alessandro Zenobi

Anno Accademico 2017/2018

INDICE

INTRODUZIONE	pag.2
CAPITOLO 1 – STUDIO DEL VOLTO NELLA COMUNICAZIONE SOCIALE DELL’ESSERE UMANO	pag.3
1.1 La trasmissione delle informazioni sociali	pag.3
1.2 Action Units e la decodifica delle espressioni facciali	pag.5
1.3 Il volto nella comunicazione sociale	pag.6
1.4 La percezione sociale del volto	pag.7
CAPITOLO 2 – IL COLORE IN FISICA E IN BIOLOGIA	pag.9
2.1 La fisica dei colori	pag.9
2.2 L’occhio e la percezione del colore	pag.10
2.3 I colori nel nostro cervello	pag.11
2.4 Processi di riconoscimento del colore tramite la memoria	pag.12
CAPITOLO 3 –L’INFLUENZA DEI COLORI NELLA NOSTRA CULTURA	pag.14
3.1 Tra arte e colori	pag.14
3.2 L’utilizzo dei colori nel marketing	pag.14
3.3 La moda e le sue sfumature	pag.15
CAPITOLO 4 – I COLORI DEL VOLTO E L’INTERPRETAZIONE DELLE EMOZIONI	pag.17
4.1 La ricerca nella percezione dei colori	pag.17
4.2 I colori facciali sono un efficace meccanismo visivo per trasmettere le emozioni	pag.18
CONCLUSIONI	pag.22
BIBLIOGRAFIA	pag.25

Introduzione

Le espressioni facciali per gli esseri umani sono sempre state fonti d'informazione sociale per le interazioni, i giudizi e le relazioni. Il volto ha una grande capacità espressiva data dai numerosi muscoli indipendenti che possono formare un'espressione facciale ma negli ultimi anni la ricerca si è chiesta se anche il colore della pelle del viso possa essere una fonte d'informazione per un osservatore attento. Il colore può diventare quindi fonte di espressione emotiva in grado di essere percepita in automatico dal nostro sistema visivo.

Gli articoli alla quale questo lavoro fa riferimento sono “Facial color in an efficient mechanism to visually transmit emotion di Carlos F. Benitez-Quiroz, Ramprakash Srinivasan, Alex M. Martinez (Department of Electrical and Computer Engineering, The Ohio State University, Columbus; and Center for Cognitive and Brain Sciences, The Ohio State University, Columbus., 2017; Color Psychology: Effects of Perceiving Color on Psychological Functioning in Humans di Andrew J. Elliot¹ and Markus A. Maier; Toward a Social Psychophysics of Face Communication di Rachael E. Jack and Philippe G. Schyns”.

Nel primo capitolo cercherò di analizzare il volto in quanto uno dei principali fattori della comunicazione sociale dell'essere umano prendendo in considerazione come la ricerca decodifica le espressioni facciali attraverso le Action Units. Mi soffermerò sul processo di scambio d'informazioni tra due individui, come il volto interviene nella comunicazione e nella percezione sociale dell'individuo.

Nel secondo capitolo prenderò in esame gli aspetti fisici del colore e come questa lunghezza d'onda tramite l'occhio diventa un segnale veicolato al cervello per poi essere analizzato.

Nel terzo capitolo analizzerò il colore come un influenzatore della nostra cultura in campo artistico, pubblicitario e nell'ambito della moda.

Nel quarto ed ultimo capitolo andrò a prendere in esame le ricerche psicologiche che si sono incentrate sulla percezione dei colori soffermandomi in particolare sulla ricerca da cui mi sono basato per questo lavoro di tesi che analizza come la percezione dei colori facciali permettano l'interpretazione delle emozioni da parte di un individuo osservante.

Capitolo 1 – STUDIO DEL VOLTO NELLA COMUNICAZIONE SOCIALE DELL'ESSERE UMANO

1.1 La trasmissione delle informazioni sociali

Gli esseri umani sono una specie altamente sociale che è in grado di utilizzare strumenti molto raffinati per carpire le informazioni sociali che derivano dall'esterno. La prima fonte d'informazione sociale che l'individuo si trova davanti in un contesto sociale è il volto delle persone che lo circondano. Può essere considerato banale e semplice prendere in considerazione il volto come fonte d'informazione e interazione nel mondo sociale ma non è così. Il volto umano può suscitare molteplici percezioni e informazioni sociali dovute alle ricche variazioni dei suoi movimenti, della sua morfologia e della colorazione della pelle.

Come specie, gli esseri umani hanno avuto un immenso successo – sono cresciuti rapidamente in numero, hanno viaggiato e prosperato nelle regioni più isolate e geograficamente diverse del pianeta e hanno inventato tecnologie mediche per controllare la natura (Roberts, 2010). Uno dei principali fattori che contribuiscono a questo successo è l'evoluzione degli esseri umani come esseri socialmente complessi; gli individui formano gruppi per condividere lavoro, conoscenze e risorse (Wilson, 2012).

Questo fa dedurre che gli uomini sono la specie a livello sociale più sofisticata del pianeta, impegnandosi in interazioni complesse per mantenere e raffinare il funzionamento di quasi tutti gli aspetti della vita individuale, comprese le relazioni interpersonali come relazioni professionali, familiari e ambienti di lavoro.

Il volto, come primo contatto con altri individui, diventa una fonte d'informazioni sociali molto complessa e può suscitare una miriade di giudizi sociali immediati, ad esempio sull'identità (Gauthier et al., 1999; Haxby et al., 2000), età (Hummert, 2014; Rhodes & Anastasi, 2012), tratti di personalità (Krumhuber et al., 2007; Oosterhof e Todorov, 2008), salute fisica (Grammer e Thornhill, 1994; Jones et al., 2012) ed emozioni (Darwin, 1999 (1872); Ekman et al., 1969).

Il volto nella società umana è così rilevante che è rimasto oggetto di fascino, ammirazione, esame e dibattito per diversi secoli e in vari settori, tra i quali la biologia, la medicina, l'arte, la filosofia, la psicologia e, più recentemente, la visione artificiale e

robotica sociale. Uno degli obiettivi più duraturi e difficili in tutti questi campi è capire come il volto suscita lo spettro dei giudizi sociali che guida la varietà dei comportamenti umani.

Tuttavia la comprensione delle informazioni sociali che il volto di un individuo trasmette a un altro individuo, suscita in quest'ultimo percezioni sociali che, per comprenderle a pieno, nell'ambito della ricerca rappresentano una complessa sfida empirica che è rimasta in gran parte al di fuori della portata dei metodi di ricerca tradizionali.

Per comprendere come il volto comunichi le informazioni sociali un primo passo è apprezzare il processo di comunicazione sociale stessa.

La comunicazione sociale nell'uomo coinvolge sempre almeno due individui che, attraverso un canale di trasmissione, si passano informazioni sociali e questo scambio porta ad influenzare il comportamento dell'individuo che le riceve. Più nello specifico la comunicazione inizia con un messaggio codificato, un'informazione che passa attraverso un modello di espressione facciale dinamico. Questo modello d'informazione viene quindi trasmesso attraverso un canale di comunicazione al ricevente: in questo caso il modello d'informazione visiva di un'espressione facciale felice viene trasmesso attraverso il mezzo della luce al sistema visivo di un altro uomo, il ricevente. Per dimostrare che la comunicazione abbia successo le informazioni trasmesse devono essere prima rilevate dal ricevente. Per decodificare le informazioni trasmesse, il ricevente deve usare le sue conoscenze pregresse, cioè concetti che sono biologicamente determinati o acquisiti, diretti o indiretti, per estrarre le informazioni rilevanti in modo da permettere la diagnosi dell'informazione sociale ricevuta. Quindi il processo di comunicazione coinvolge il sistema visivo umano che esegue il complesso compito di ridurre le informazioni variabili ad alta dimensione che colpiscono l'occhio in una serie più piccola di categorie significative utilizzate per il comportamento adattivo.

1.2 Action Units e la decodifica delle espressioni facciali

La comprensione del volto come strumento per la comunicazione sociale, identifica quali specifiche informazioni del volto suscitano giudizi sociali diversi e, per estensione, le diverse rappresentazioni mentali degli individui in una data cultura.

Il viso è dotato di un gran numero di muscoli indipendenti e striati che sono controllati volontariamente e possono essere attivati singolarmente o in concerto per generare movimenti del volto osservabili. Questi movimenti facciali individuali sono chiamati Action Units (Unità d'azione) (AUs) nel Facial ACTION Coding System (FACS) che è un metodo di decodifica delle espressioni facciali introdotto da Ekman & Friesen nel 1978, questo sistema oggettivo permette la tassonomizzazione dei movimenti facciali umani.

Il FACS identifica oltre 40 AU, ognuna delle quali può essere combinata per creare modelli AU complessi, vale a dire espressioni facciali. Poiché le espressioni facciali sono dinamiche, ogni singola AU può essere attivata anche con caratteristiche temporali specifiche tra cui accelerazione, ampiezza, latenza di picco e decelerazione. Quindi, considerando tutte le combinazioni biologiche plausibili di AUs dinamiche, ovvero la combinazione delle singole AU che creano modelli multipli e le dinamiche temporali specifiche di ciascuna AU, il volto umano è in grado di generare un numero elevato di espressioni facciali dinamiche.

Dobbiamo anche prendere in considerazione la variazione genetica come quella all'interno e attraverso i gruppi etnici che produce variazioni fenotipiche nella forma e nella struttura del viso come ad esempio nella morfologia (Liu et al., 2012).

Il campo dell'antropologia dedica a caratterizzare la dimensione fisica, la forma e la funzione degli uomini, tramite l'osservazione naturalistica, utilizzando l'approccio top-down identifica fino a 31 diverse dimensioni della variazione del volto tra cui larghezza della mascella, altezza della fronte e distanza inter-pupillare (Zacharopoulos et al., 2016).

Negli ultimi decenni lo sviluppo tecnologico ha permesso una scansione facciale sempre più accurata utilizzando scansioni laser (Arridge et al., 1985; Hill et al., 1997; Vetter & Troje, 1997) e cattura delle immagini con fotocamere digitali ad alta risoluzione (Hammond & Suttie, 2012; Yu et al., 2012) combinati fra loro, ad esempio con algoritmi di ricostruzione facciale specifici (Blanz & Vetter, 1999), per rendere

accurate le morfologie create attraverso il computer costruendo una visione 3D del volto per uso scientifico (Braje et al., 1998). Possiamo affermare che in base alle diverse dimensioni conosciute della variazione del volto, il numero di forme del viso fenotipicamente possibili, comprese quelle associate a specifiche condizioni mediche, è molto grande e vasto.

1.3 Il volto nella comunicazione sociale

Un semplice sguardo a qualsiasi volto dimostra quanto velocemente, e apparentemente senza sforzo, gli esseri umani estraggono le informazioni facciali per formulare una serie eterogenea di giudizi sociali (Bar et al., 2006; Macrae & Bodenhausen, 2000).

Corrispondente sia alla raffinatezza sociale degli esseri umani che alla complessità del volto, il sistema visivo umano si è dimostrato un classificatore di modelli efficienti e accurati, in particolare nel carpire informazioni sociali.

La ricerca si è quindi concentrata sul ricevente (cioè l'individuo che riceve l'informazione) per identificare quali informazioni del volto suscitano giudizi sociali. Questo tipo di approccio classico, utilizzato anche da Darwin e molti altri da allora, è rimasto uno dei più popolari nell'ambito della ricerca. Uno di questi approcci classici consiste nel presentare fotografie o video di volti reali e nel chiedere ai riceventi di categorizzarli in base a una serie di categorie sociali come le emozioni di base (Biehl et al., 1997), i tratti di personalità (Little & Perrett, 2007), o di salute (Fink et al., 2006). Analizzando le risposte del ricevente e le caratteristiche osservabili o dedotte dai volti, come certe espressioni facciali o caratteristiche etniche, età o sesso delle persone, viene riscontrata la creazione di giudizi sociali da parte del ricevente attribuiti a una o più di queste caratteristiche facciali, ad esempio i volti maschili tendono ad essere percepiti come più dominanti rispetto ai volti femminili (Burriss et al., 2007).

Tuttavia la capacità di questo tipo di approccio non prende in considerazione l'ontologia dell'informazione dell'attività di categorizzazione, cioè informazioni specifiche presenti nei volti maschili, ad esempio, che suscitano la percezione sociale del dominio. L'ontologia dell'informazione diventa d'importanza fondamentale per comprendere il volto come uno strumento per la comunicazione sociale perché collega

funzionalmente lo stimolo (le informazioni specifiche del volto) al comportamento (la percezione sociale) (Schyns et al., 1998, 2009).

Gli sviluppi metodologici progettati per affrontare i limiti degli approcci classici e per caratterizzare le ontologie dell'informazione della percezione sociale sono nati principalmente dal campo della psicofisica, che punta a misurare la relazione tra dimensioni oggettivamente misurabili di uno stimolo e percezione soggettiva. In particolare i metodi psicofisici tendono a variare parametricamente le diverse dimensioni di uno stimolo, come ad esempio la tonalità o luminosità del viso, e misurano come tali variazioni modulano una determinata percezione, come la luminosità del colore così da far derivare modelli come la teoria della rilevazione del segnale (Swets et al., 1963) o la correlazione inversa (Ahumada & Lovell, 1971).

Un'altra potente caratteristica dei metodi psicofisici è che tendono ad essere guidati dai dati, cioè le informazioni sullo stimolo vengono campionate in modo agnostico (ma tipicamente entro i limiti delle possibilità biologiche e le ipotesi teoriche) e testate contro lo spettro di una determinata percezione, che tipicamente si estende da nessuna percezione a una soglia percettiva di saturazione (Snodgrass, 1975).

1.4 La percezione sociale del volto

Nel campo della percezione del volto sociale i ricercatori tendono a utilizzare specifici gruppi di stimoli standardizzati (Beaupr'e et al., 2000; Langner et al., 2010; Lundqvist et al., 1998; Matsumoto ed Ekman, 1988) per sondare differenti percezioni sociali e le loro attività cerebrali associate. Tuttavia l'uso classico di questi stimoli non può identificare l'ontologia dell'informazione di una percezione sociale quindi quali informazioni sullo stimolo stanno guidando il comportamento. Per ovviare a questa limitazione il metodo Bubbles (Gosselin & Schyns, 2001) campiona casualmente le informazioni direttamente dallo stimolo e analizza questi campioni in opposizione alla percezione per ricavare ciò che viene generalmente definito come un'immagine di classificazione, cioè un'immagine che mostra l'informazione visiva associata ad una data decisione percettiva. Il fondamento logico del metodo Bubbles è che il ricevente può categorizzare i campioni d'informazioni con precisione solo quando essi comprendono le informazioni rilevanti per il compito (diagnostiche). Al contrario,

quando i campioni casuali non comprendono le informazioni rilevanti per il compito, il ricevitore tenderà a fare una categorizzazione errata. Successivamente, costruendo la relazione tra ogni posizione dei pixel campionati ad ogni banda di frequenza spaziale, il metodo Bubbles può rivelare l'ontologia dell'informazione facciale di ogni attività di categorizzazione.

Nella ricerca che si concentra sulle espressioni facciali un'alternativa spesso citata all'uso del ricevente per caratterizzare i loro modelli è quella di registrare e analizzare le espressioni facciali prodotte spontaneamente.

Metodi di elicitazione dell'espressione facciale come un film o un'immagine generano complesse combinazioni di stati interni in momenti diversi. Un suggerimento comune per decodificare il flusso complesso di movimenti del volto è usare i riceventi umani, esperti classificatori di modelli avanzati, in particolare dei segnali sociali per interpretare le espressioni facciali prodotte in ciascun punto temporale. Questo è esattamente l'approccio dei metodi di correlazione inversa basati sulla percezione e quindi riflette la forza e la semplicità intuitiva dell'approccio.

Un'altra preoccupazione comune sui metodi di correlazione inversa è che gli stimoli del volto creati dal campionamento (tramite il metodo bubbles), mancano di validità ecologica e l'utilizzo di immagini reali, non oscurate, di video o gli stessi esseri umano vivi rappresentano più da vicino autentiche interazioni sociali, anche se i metodi che utilizzano tali stimoli forniscono probabilmente uno scenario più autentico e in genere non possono identificare l'ontologia dell'informazione che guida il comportamento.

Ulteriore aspetto interessante che possiamo andare ad esaminare nel volto è la colorazione della carnagione, comprendente la pigmentazione della pelle, la melanina, il pallore e il rossore transitorio.

In passato la pigmentazione della pelle è stata classificata, secondo la scala cromatica di von Luschan, in 36 diverse categorie di colore, da molto chiaro a olivo, a molto scuro. Metodi più moderni hanno permesso una più accurata rilevazione della colorazione attraverso la spettrofotometria che permette di rappresentare il colore della pelle con valori di colore continui (L^*a^*b) che abbracciano numerose categorie di colore, tra cui viola, blu, rosa e giallo (Swiatoniowski et al., 2013).

Capitolo 2 - IL COLORE IN FISICA E IN BIOLOGIA

2.1 La fisica dei colori

La fisica definisce la luce visibile come complessivamente bianca poiché viene considerata come la somma di tutte le frequenze dello spettro ottico. Ogni frequenza dello spettro visibile è associata a un determinato colore. Lo spettro visibile è la parte dello spettro elettromagnetico che cade tra il rosso e il violetto includendo tutti i colori che si possono percepire tramite l'occhio umano e che danno vita al fenomeno della luce.

Il colore che osserviamo caratterizza quello che ci circonda e deriva dalla diversa riflessione delle frequenze, o lunghezze d'onda, della luce da parte dell'oggetto illuminato. Osservando i due casi estremi del colore un corpo appare bianco quando assorbe e riflette tutte le frequenze, viceversa un corpo appare nero quando assorbe tutte le frequenze e non ne rimette alcuna, in tutti gli altri casi intermedi si avrà la percezione tipica di un altro colore.

I primi studi sullo spettro visibile furono condotti da Isaac Newton nel suo trattato intitolato *Opticks* e dal poeta e politologo tedesco Johann Wolfgang von Goethe nel saggio "La teoria dei colori" (Goethe, 1810/1967).

Newton utilizzò per primo il termine spettro (dal latino *spectrum*, con significato di "appartenenza" o "apparizione"), in una stampa del 1671, dove presentava i suoi esperimenti di ottica. Osservò che quando un raggio di luce colpiva una superficie di un prisma di vetro con una certa angolazione, una parte del raggio veniva riflessa, mentre la parte restante attraversava il prisma e ne usciva scomposta, creando bande colorate. L'intuizione fu che ciascun colore subiva la rifrazione in maniera diversa cambiando traiettoria e separandosi dal fascio di luce, divise così lo spettro in sette diversi colori: rosso, arancione, giallo, verde, blu, indaco e violetto. La scelta di sette colori non era originata da basi scientifiche ma filosofiche, in particolare sulla teoria esoterica delle connessioni tra colori, note musicali, pianeti e giorni della settimana.

Johann Wolfgang von Goethe attribuì al prisma, a differenza di Newton, la scomposizione della luce nei differenti colori dell'iride proponendo una descrizione qualitativa del fenomeno dove i colori non sono contenuti nel bianco ma vengono creati dall'interazione della luce con il buio, cioè da opposte polarità. Goethe sperimentò che

non bastava far passare un raggio di luce bianca attraverso un prisma per ottenere i colori, ma che questi vengono resi visibili solo lungo i bordi di una striscia di colore nero, sulla quale viene proiettato il raggio.

2.2 L'occhio e la percezione dei colori

L'organo dell'uomo addetto alla ricezione luminosa è l'occhio. L'occhio riceve un fascio di raggi luminosi provenienti da ogni punto dell'oggetto, il fascio di luce entra attraverso la pupilla che regola la quantità di luce e di conseguenza la profondità di campo. L'iride, attraverso la variazione del diametro della pupilla, permette di regolare il fascio di luce entrante. Attraversata la pupilla il fascio di luce incontra il cristallino, una lente biconvessa che permette di concentrare i raggi in una zona ben precisa dell'occhio chiamata retina, formando così l'immagine retinica dell'oggetto. Il cristallino gestisce la messa a fuoco dell'immagine e adatta automaticamente la sua curvatura alla distanza dell'oggetto osservato attraverso il processo di "accomodazione". L'immagine così impressa sulla retina appare capovolta e più piccola. La retina è la parte fotosensibile dell'occhio ed è composta da due tipi di fotorecettori che assorbono la frequenza luminosa: i coni (circa 6 milioni) divisi in tre categorie (L, M e S) e i bastoncelli (circa 120 milioni).

Come risultato dell'assorbimento i fotorecettori generano, attraverso il processo di trasduzione, tre segnali nervosi elettrici in modulazione di ampiezza proporzionale al numero di fotoni assorbiti. Gli esperimenti mostrano che i segnali generati dai tre coni, L, M e S, sono direttamente collegati con la sensazione di colore e sono detti segnali di tristimolo. L'elaborazione e la compressione dei segnali di tristimolo avvengono nelle altre cellule della retina (cellule orizzontali, bipolari e gangliari) e terminano con la generazione di altri tre segnali elettrici, in modulazione di frequenza, definiti come segnali opposti che vengono trasmessi al cervello tramite il nervo ottico.

Lungo i due nervi ottici i segnali elettrici opposti raggiungono il cervello nei cosiddetti corpi genicolati laterali e poi proiettati in apposite aree della corteccia visiva dove nasce la percezione del colore.

La vera responsabile della nostra visione del colore è la luminosità, uno stesso oggetto a seconda delle ore del giorno può presentare colorazioni differenti e ne sono esempi le serie di quadri realizzati da Monet. Quando osserviamo l'oggetto e siamo in

grado di riconoscerlo, il nostro cervello associa il colore a cui siamo normalmente abituati a vedere l'oggetto in questione. Questa capacità del colore di mantenersi è essenziale per un oggetto e si chiama "costanza del colore", se non esistesse questa proprietà il nostro cervello perderebbe il meccanismo di segnalazione biologica data da questo attributo.

Va inoltre tenuto presente il principio fondamentale circa il funzionamento del nostro cervello secondo cui quest'ultimo prende dal mondo esterno un'informazione, nel nostro caso dagli occhi, che poi viene associata dal ricevente. Questa associazione produce diversi output che cambiano da un individuo all'altro.

2.3 I colori nel nostro cervello

Gli esseri umani percepiscono i colori come dotati di specifiche caratteristiche emozionali e la nostra reazione a queste caratteristiche può anche variare con il nostro stato emozionale del momento e, naturalmente, può cambiare tra persone diverse. Questa ambiguità può essere un motivo per cui un singolo colore può suscitare emozioni tanto differenti in persone diverse o anche nello stesso individuo in momenti diversi.

Più precisamente lo stimolo sensoriale nel caso del colore è uno stimolo visivo che viene ricevuto e immediatamente elaborato dall'amigdala (situata in profondità del lobo temporale dell'encefalo) la quale coordina gli stati emotivi che producono a loro volta una risposta inconscia. Le aree cerebrali della visione e di altri sensi sono collegati con l'amigdala, la quale codifica e coordina la risposta dei circuiti neuronali a questi stimoli emotivi integrandoli anche con le esperienze individuali pregresse e, nel caso in cui questi stimoli siano nuovi, li apprende.

Il significato emotivo individuale generato dalla visione di un colore influenza le nostre emozioni e di conseguenza altri aspetti della coscienza ovvero la percezione, il pensiero e il processo decisionale.

Ciò che è fondamentale per l'inibizione dell'amigdala per l'integrazione emotiva, cognitiva e dell'informazione sociale è la corteccia prefrontale che ha in parte la capacità di limitare le scelte impulsive e insieme all'ippocampo gioca un ruolo importante sulle emozioni insieme all'amigdala, ad altre strutture sottocorticali ed alla

circonvoluzione cingolata, che si trovano all'interno del sistema limbico che a sua volta fa parte del circuito di Papez, essenziale per l'elaborazione delle emozioni. L'ippocampo è importante per il ricordo esplicito, ovvero cosciente, di eventi emozionali, oltre ad essere coinvolto nel recupero delle informazioni di recente formazione, al contrario dell'amigdala che è rilevante per la memoria emotiva implicita e quindi non cosciente.

Antonio Damasio definisce la “sensazione” come programmi di azione complessi innescati a seguito di uno stimolo esterno, in larga misura automatici, messi a punto durante l'evoluzione. Questi programmi implicano azioni eseguite dal corpo, ne sono esempio le espressioni facciali conseguenti a uno stimolo sensoriale che può influenzare direttamente il nostro comportamento. La “percezione” integra l'informazione che il nostro cervello riceve dal mondo esterno con la conoscenza basata sull'apprendimento, che si fonda su esperienze precedenti e sul controllo delle ipotesi, che diventa coerente quando il cervello le assegna un valore, un significato ed un'utilità.

Quando s'innesci un'emozione viene attivato di conseguenza uno stato emozionale, che si estende a varie regioni del cervello e del corpo, con conseguente attivazione di aree cerebrali diverse da quelle coinvolte inizialmente. L'emozione viene registrata nel nostro sistema di mappatura mentale, che è in grado di connettersi alle strutture in cui viene mappato lo stato del corpo, così da permettere la simulazione delle azioni in anticipo all'interno delle regioni somatosensoriali in maniera da prevenire le conseguenze del movimento che ci si aspetta di dover compiere, ciò costituisce un vantaggio evolutivo. Nel caso in cui la condizione si riveli diversa dalle aspettative, la mappa dei sentimenti corporei, o per meglio dire l'immagine, definita come una mappa esperita, sentita ed esclusiva dei sentimenti primordiali, viene modificata.

2.4 Processi di riconoscimento del colore tramite la memoria

Lo storico dell'arte Michael Stephan suggerisce che l'esperienza estetica avrebbe origine nell'emisfero destro del cervello come reazione ad una serie di rapporti coerenti, armoniosi e nel contempo inarticolati e violenti che vengono avvertiti ed elaborati dall'emisfero sinistro permettendo la traduzione in parole della sensazione non verbale generata dall'emisfero destro.

Ciò nonostante questa teoria non è del tutto esaustiva, infatti non spiega come noi possiamo percepire il colore. Di fatto l'impatto con il colore suscita in noi delle sensazioni e delle emozioni che tramite le nostre percezioni visive, si mettono in relazione alle esperienze passate.

È importante quindi soffermarsi sulle modalità di sviluppo del processo del ricordo prima di tutto attraverso il concetto di memoria, che non è più visto come un magazzino di informazioni statiche nel tempo e dal quale è possibile recuperare le informazioni in modo inalterato ma che, al contrario, viene considerata come un 'oggetto' dinamico e ricostruttivo da cui dipende la nostra capacità di rievocare e di trasmettere agli altri il contenuto dei ricordi.

La memoria ricorre a due processi, uno di apprendimento e uno di ricordo, entrambi presentano fasi di codifica, consolidamento, immagazzinamento e recupero. Quando giunge uno stimolo esterno, che viene selezionato dalla nostra attenzione, passa attraverso la memoria a breve termine, chiamata anche memoria di lavoro, che conserva temporaneamente le informazioni. Se elaborate (reiterazione elaborativa) passano alla memoria a lungo termine, dove si conservano per un periodo mediamente più lungo, altrimenti decadono.

La memoria a breve termine si articola attraverso un circuito fonologico, o loop articolatorio, che è adibito all'elaborazione e al mantenimento dell'informazione verbale e acustica, un taccuino visivo-spaziale, preposto invece all'elaborazione e al mantenimento dell'informazione visiva e spaziale, e un sistema esecutivo centrale che coordina l'attività dei due precedenti sistemi interagendo con il resto della memoria di lavoro.

La memoria a lungo termine può essere esplicita o dichiarativa a seconda delle conoscenze a cui deve fare riferimento, quando l'accesso alle informazioni è consapevole quest'ultima si scompone in memoria episodica, esperienziale ed in memoria semantica, ovvero il repertorio di conoscenze generali immagazzinate in base al loro significato. La memoria non dichiarativa o implicita viene utilizzata quando l'accesso alla conoscenza non è consapevole e che a sua volta si suddivide in memoria procedurale, memoria di condizionamento e memoria di priming.

CAPITOLO 3 - L'INFLUENZA DEI COLORI NELLA NOSTRA CULTURA

3.1 Tra arte e colori

Da sempre il fenomeno dei colori ha affascinato l'uomo ed è stato sfruttato fin dalla preistoria. Della comunicazione visiva l'umanità ne ha fatto largo uso, soprattutto ricercando ed individuando nel tempo le migliori tonalità e sfumature cromatiche. Per secoli scienziati ed artisti hanno giocato con i pigmenti producendo nuovi colori fino a crearne alcuni che sono diventati emblematici. Inizialmente vennero sfruttati gli elementi disponibili in natura e successivamente si passò all'uso di tinte sintetizzate in laboratorio. Nonostante le composizioni chimiche siano mutate ed evolute nel tempo il nome dato ai colori, spesso legato alle miscele utilizzate per produrli, è rimasto tutt'oggi in uso. Un piccolo esempio è il blu di Prussia, uno dei più antichi colori sintetici elaborato intorno al 1706 dal chimico prussiano Johann Jacob Diesbach, da cui il nome di Prussia, attraverso la reazione tra il ferrocianuro di potassio e gli ioni di ferro, utilizzato inizialmente per tingere le stoffe e successivamente come pigmento per la pittura.

L'intento degli artisti di tutte le epoche, seppure ovviamente in maniera diversificata, è stato quello di suscitare emozioni tramite le proprie opere e per raggiungere l'obiettivo hanno utilizzato e sfruttato anche l'impatto emotivo che suscitano i colori nell'uomo. Per questo motivo alcuni artisti hanno ricercato sfumature cromatiche che potessero comunicare visivamente e nel modo migliore l'emozione, in molti casi il colore è diventato un'antonomasia, un simbolo al punto tale che divenne addirittura possibile definirli degli emblemi a loro associati (come il verde Veronese o il blu Klein).

3.2 L'utilizzo dei colori nel marketing

Nell'ambito del neuromarketing, una recente disciplina volta all'individuazione di canali di comunicazione più diretti ai processi decisionali d'acquisto mediante l'utilizzo di metodologie legate alle scoperte delle neuroscienze, si stanno sviluppando degli studi

volti a stimolare i consumatori all'acquisto favorendo la scelta di una tinta da parte dell'azienda nel packaging dei loro prodotti o la sfumatura delle pareti dei loro negozi. Ad esempio il rosso è in grado di suscitare calore e attrarre, perciò viene spesso utilizzato nelle vetrine dei negozi, soprattutto quelli di grandi dimensioni; per controparte la sua capacità di provocare una sensazione di eccitazione, nelle pareti interne dei negozi si preferisce l'utilizzo di una tinta blu che favorisce il rilassamento e stimola i clienti a una scelta più rilassata.

Ci sono studi in ambiti sinestetici nei quali vengono associati i colori alla musica per facilitare la persuasione del consumatore all'acquisto. Anche il colore del piatto in cui le pietanze vengono servite e l'illuminazione ambientale possono suscitare impressioni diverse in modo da far apparire le pietanze come più o meno invitanti o più o meno abbondanti.

Diventa perciò importante prendere in considerazione le percezioni sensoriali e come il colore degli oggetti, per gli esseri umani, sia essenziale in termini di marketing e strategie pubblicitarie.

Una ricerca sul colore, in collaborazione con l'Università di Winnipeg, ha dimostrato che i consumatori hanno solamente bisogno di un massimo di 90 secondi per dare un giudizio su un prodotto con riferimento al suo valore, affidabilità, ed altro, e che il colore conti dal 62 al 90% di questo risultato. Quindi diverse teorie e ricerche dimostrano che il colore è capace di influenzare notevolmente gli atteggiamenti e le percezioni di un marchio pubblicitario.

Il colore è l'elemento visivo che meglio si assimila e richiama forme e parole, tant'è vero che le nostre percezioni visive si mettono in relazione con le nostre esperienze passate e quindi stimolano il ricordo. Pertanto ogni colore ha un significato nascosto ed esercita i suoi effetti a livello inconscio, fino a suscitare in chi li percepisce un'idea secondo la quale indossandoli e utilizzandoli si piace a sé e agli altri e per favorire l'espressione della propria personalità.

3.3 La moda e le sue sfumature

Un esempio esemplificativo nell'ambito della moda è il rosso Valentino, ideato dall'omonimo stilista, che è una miscela tra il rosso cadmio, il porpora e il carminio, è

proprio questa particolare sfumatura di rosso che gli ha dato una fama internazionale. Una leggenda narra che l'ispirazione che ha portato lo stilista a questa predilezione risalga a quando in giovane età sia stato abbagliato dal rosso mentre era al teatro dell'opera di Barcellona ed il ricordo di quei personaggi sul palcoscenico vestiti di color vermiglio gli fece capire i valori intrinseci di quel colore tanto intenso che lo ha condotto poi ad elaborarne una variante che ora lo identifica. Il verde Carven fu inventato dalla omonima stilista nel 1945, la quale ideò il cosiddetto "verde feticcio" ovvero un verde brillante fuso con il bianco che rese il suo marchio inconfondibile sia per quanto concerne gli abiti che il packaging della sua merce.

Esistono colori nell'ambito della moda che sono diventati un marchio come il blu di Tiffany, che è stato brevettato e che appare come un blu tendente al verde come un mix tra il turchese e l'acquamarina. Questa particolare nuance deriva dalla mescolanza tra il blu del fiore "Non ti scordare di me" e il particolare colore dell'uovo del pettirosso (nello specifico è stata usata una variante più pallida), simbolo di fortuna.

Esistono altre situazioni che sono riuscite a cambiare degli usi folcloristici della società, come la Coca-Cola nei confronti di Babbo Natale. In origine infatti Santa Klaus era di colore verde, come i suoi aiutanti Elfi. Successivamente a cavallo tra 800 e 900 apparirono sporadici casi nei quali l'abbigliamento era rosso e bianco, come siamo abituati a conoscerlo oggi. A fissare questi ultimi colori del personaggio nell'immaginario collettivo furono le pubblicità natalizie del celebre marchio "Coca-Cola", che usarono questa figura come testimonial a partire dal 1931. L'Azienda infatti all'epoca era già una potenza commerciale tale da riuscire ad annullare l'uso di tutti gli altri colori che erano usati per rappresentarlo. Babbo Natale fu d'allora sempre rappresentato vestito in bianco e rosso proprio come una lattina di Coca-Cola.

CAPITOLO 4 – I COLORI DEL VOLTO E LE INTETERPRETAZIONI DELLE EMOZIONI

4.1 La ricerca nella percezione dei colori

Nell'ultimo decennio i principali progressi teorici nell'area del colore e del funzionamento psicologico hanno condiviso una caratteristica comune: cercare di radicare gli effetti cromatici in biologia attingendo ai paralleli tra uomini e non uomini nel modo di rispondere agli stimoli di colore.

Altri teorici si sono concentrati sul valore del segnale della colorazione della pelle nell'interazione di affiliazione e attrazione in animali, uomini e non uomini. Changizi et al. (2006) sostengono che la visione tricromatica dei colori si sia evoluta per consentire ai primati di rilevare sottili cambiamenti di colore sulla pelle in base al flusso sanguigno sottostante. Queste modulazioni del colore della pelle riflettono l'emozione, lo stato o la condizione del conspecifico percepito e la sensibilità visiva a queste modulazioni, è quindi estremamente utile nell'interazione interpersonale. I nostri sistemi visivi rilevano modulazioni sia nell'ossigenazione dell'emoglobina (lungo un asse rosso-verde) che nella concentrazione dell'emoglobina (lungo un asse blu-giallo) e queste modulazioni sono associate a specifici cambiamenti nella colorazione. Una maggiore ossigenazione produce una colorazione più rossa e meno verde, mentre una maggiore concentrazione produce una colorazione più blu e meno gialla. Allo stesso modo, Stephen et al. (2009b) tracciano parallelismi tra la colorazione del segnale umano e non umano nel postulare che la colorazione della pelle del viso porta i percettori a valutare l'attrattiva, la salute e il dominio dei conspecifici. Essi propongono che il rossore e il giallore della pelle promuovano percezioni positive: il rossore (dovuto all'ossigenazione del sangue) riflette il benessere cardiovascolare, il giallore (dovuto ai carotenoidi) riflette invece il consumo di frutta e verdura. Fink et al. (2006) sostengono che l'omogeneità del colore della pelle, oltre alla tonalità di per sé, influenza le percezioni dell'attrattiva, della salute e dell'età dei volti.

Stephen et al. (2009b) hanno condotto un programma di ricerca progettato per testare le loro proposte teoriche, riguardanti le relazioni tra le varie proprietà del colore della pelle del viso, la salute percepita e l'attrattiva percepita. Nella loro ricerca, ai partecipanti è stato chiesto di aggiungere un colore alle facce per migliorare una

caratteristica target o valutare facce o scegliere forzatamente tra i volti rispetto a una caratteristica target. Questa ricerca ha rivelato che le facce più rosse (presumibilmente a causa della perfusione sanguigna), quelle più gialle (presumibilmente a causa dei carotenoidi) e quelle più luminose sono considerate più sane e più attraenti (Coetzee et al. 2012; Stephen & McKeegan 2010; Stephen et al. 2009a, 2011, 2012a, b; Whitehead et al. 2012).

Alcuni dati suggeriscono che queste relazioni possono essere particolarmente forti per i giudizi di razza (Stephen et al. 2012b). I legami tra rossore o luminosità e queste caratteristiche non sono occasionalmente osservati (Coetzee et al. 2012; Stephen et al. 2012b) e i legami tra giallo e salute e tra luminosità e salute sembrano particolarmente importanti per i volti femminili (Stephen et al. 2009a, b).

In un esperimento, Stephen et al. (2012a), incentrato specificamente sulle donne che guardano i volti degli uomini, hanno scoperto che le donne aggiungono più rosso sui volti degli uomini per renderli più aggressivi, dominanti e attraenti; la reazione era più aggressiva rispetto al dominio che all'attrattiva.

Fink et al. (2006) hanno condotto una serie di studi per testare la loro ipotesi che la distribuzione omogenea del colore della pelle facciale (un colore della pelle più uniforme) predice in modo negativo le percezioni dell'età e predice positivamente le percezioni di salute e attrattiva. Questi studi hanno dato risultati di supporto (Coetzee et al. 2012, Fink et al. 2006, Fink & Matts 2007, Matts et al. 2007, Samson et al. 2010).

Fink et al. (2008) hanno anche dimostrato che i percettori si mostrano più spesso e più a lungo in un viso con un colore della pelle omogeneo. La maggior parte di questi studi ha esaminato la distribuzione del colore della pelle per obiettivi riproduttivi femminili e due recenti esperimenti hanno trovato lo stesso modello anche per gli obiettivi maschili: un colore della pelle del viso più omogeneo porta a una minore percezione dell'età e ad una maggiore percezione di salute e attrattiva (Fink et al., 2012a, b).

4.2 I colori facciali sono un efficiente meccanismo visivo per trasmettere le emozioni

Le persone trasmettono emozioni attraverso le espressioni facciali, contraendo e rilassando i loro muscoli facciali (Duchenne GB., 1990), in una ricerca effettuata da

Carlos F. Benitez-Quiroz, Ramprakash Srinivasan, Alex M. Martinez (Department of Electrical and Computer Engineering, The Ohio State University, Columbus; and Center for Cognitive and Brain Sciences, The Ohio State University, Columbus., 2017) viene dimostrato che le persone decodificano con successo le emozioni usando le caratteristiche cromatiche del volto anche in assenza di movimenti dei muscoli facciali.

L'ipotesi su cui questa ricerca si è fondata è che un volto possa inviare informazioni emozionali agli osservatori modificando il flusso sanguigno o la composizione del sangue sulla rete dei vasi sanguigni più vicini alla superficie della pelle. Possiamo prendere ad esempio in considerazione il rossore di un viso che può essere associato alla rabbia o il pallore che può essere associato alla paura.

Questi cambiamenti della colorazione del viso possono essere causati da variazioni del flusso sanguigno, della pressione sanguigna, dai livelli di glucosio o di altri cambiamenti che si verificano durante le esperienze emotive (Blake TM, Varnhagen CK, Parent MB., 2001; Garfinkel SN, Critchley HD., 2016).

Questa ricerca prende in considerazione, in primo luogo, la dimostrazione che le caratteristiche cromatiche in specifiche aree facciali distinte siano effettivamente coerenti all'interno di una categoria di emozioni (o valenza) ma differenziali fra esse; in secondo luogo, viene utilizzato un algoritmo di apprendimento automatico per identificare le caratteristiche cromatiche più descrittive associate a ciascuna categoria di emozioni. Questo ha permesso di cambiare il colore delle immagini del viso neutro (cioè i volti senza alcun movimento del muscolo facciale) per abbinare quelli delle emozioni specifiche.

Queste immagini vengono poi mostrate a soggetti umani dimostrando che le persone percepiscono la corretta categoria di emozioni (valenza) sul viso anche in assenza di movimenti muscolari. Infine viene dimostrato che l'informazione emotiva trasmessa dal colore è additiva a quella delle Action Units, cioè i contributi di colore e delle AUs alla percezione emotiva sono (almeno parzialmente) indipendenti. Questi risultati forniscono prove per una comunicazione efficace e robusta delle emozioni attraverso le modulazioni del colore del viso.

L'obiettivo che questa ricerca si pone è di studiare l'ipotesi secondo cui i colori facciali permettano agli osservatori di interpretare l'informazione emotiva ricevuta anche in assenza dell'attivazione dei muscoli facciali.

Questa ricerca passa attraverso quattro passaggi principali:

1. Esperimento 1 che determina se le emozioni nelle espressioni facciali possono essere discriminate basandosi sul solo colore facciale avendo eliminato le informazioni date dalle ombreggiature.
2. Esperimento 2 che identifica le variazioni di colore che codificano ciascuna categoria di emozioni.
3. Esperimento 3 che incorpora questi modelli di colori a volti neutri per mostrare che le persone riconoscono visivamente le emozioni in base alle sole caratteristiche del colore.
4. Esperimento 4 che mostra come questa informazione sul colore emotivo è indipendente da quella trasmessa dalle AUs.

Le emozioni corrispondono all'esecuzione di una serie di calcoli da parte del sistema nervoso centrale e ricerche precedenti hanno validato l'ipotesi che alcuni di questi calcoli possano produrre movimenti visivamente identificabili dei muscoli facciali. Tuttavia il volto umano è anche innervato da un gran numero di vasi sanguigni molto vicini alla superficie della pelle e questo rende le variazioni del flusso sanguigno visibili come modelli di colore sulla superficie della pelle. L'ipotesi aggiuntiva è che i calcoli eseguiti dal sistema nervoso centrale durante un'emozione producano pattern di colore unici per ogni categoria di emozioni.

In questa ricerca viene studiata quindi l'ipotesi supplementare secondo cui alcuni di questi movimenti apportano cambiamenti del flusso sanguigno del viso esclusivi della categoria e della valenza di ciascuna emozione. Questi cambiamenti del flusso sanguigno sono visibili come modelli di colori facciali specifici per gli osservatori che possono quindi decodificare con successo l'emozione.

Esperimento 1.

L'esperimento utilizza immagini di 184 individui che producono 18 espressioni facciali di emozioni (Du, Tao & Martinez, 2014). Questi includono sia entrambi i sessi che varie etnie. Viene dimostrato che il pattern di attivazione AU in queste espressioni facciali è coerente all'interno di una categoria di emozione e differenziale tra loro (Du et al. 2014; Martinez, 2017; Fabian Benitez-Quiroz et al. 2016).

Per dimostrare le loro ipotesi hanno costruito una macchina classificatrice ad apprendimento utilizzando l'analisi discriminante lineare (LDA) (Martinez, 2005,2001). Ciascuna faccia è suddivisa in 126 regioni locali definite da 87 punti di riferimento

anatomici. Questi punti di riferimento facciali definiscono i contorni del viso (mascella e linea di cresta) e componenti facciali interni (sopracciglia, occhi, naso e bocca). Queste regioni locali corrispondono alle aree locali della rete di vasi sanguigni del viso.

I risultati di questo esperimento rivelano che il colore facciale locale è coerente all'interno di ciascuna categoria di emozione, attraverso la classificazione lineare che riesce a discriminare i vettori di caratteristiche, che vengono utilizzati per capire le informazioni del volto, come una funzione della loro categoria di emozioni

Esperimento 2.

Nel secondo esperimento per identificare le caratteristiche cromatiche (diagnostiche) più discriminanti, viene ripetuta l'analisi computazionale attraverso l'utilizzo di un approccio one-vs.-all che prevede l'utilizzo di un singolo classificatore per classe assegnando i campioni positivi a quella classe e negativi a tutte le altre. Ciò significa che le immagini dell'emozione target vengono utilizzate come campioni di una classe, mentre le immagini di tutte le altre emozioni (non target) vengono assegnate alla seconda classe, i risultati dipendono dal colore della pelle del volto.

È importante sottolineare che la rilevanza dei canali di colore in ciascuna area del viso locale varia tra le diverse categorie di emozioni. I risultati trovati supportano l'ipotesi dei ricercatori che sperimentando emozioni distinte producono modelli cromatici differenziali sul viso. Cioè, quando si producono espressioni facciali di emozioni distinte, il colore facciale osservabile differisce ma quando persone distinte producono espressioni facciali della stessa emozione queste caratteristiche cromatiche discriminanti rimangono costanti. Inoltre le aree cromatiche più discriminanti sono per lo più diverse dalle variazioni di forma più discriminanti causate dalla AU. Pertanto le caratteristiche del colore che trasmettono le emozioni sono generalmente indipendenti dalle AUs.

Le caratteristiche del colore identificate vengono quindi aggiunte alle immagini delle espressioni facciali. Notiamo che le espressioni spontanee di emozioni distinte sono discriminate più chiaramente rispetto alle espressioni volonarie, come previsto.

Esperimento 3.

I modelli cromatici dell'esperimento 2 sono utilizzati nell'esperimento 3 per modificare le facce neutre dei 184 individui nel database creando un nuovo set di facce neutre basandosi sui risultati del precedente esperimento.

Queste immagini sono state poi mostrate in coppie ai partecipanti. Ogni coppia aveva un'immagine corrispondente all'emozione target e una corrispondente a una delle emozioni non target. Sono state testate tutte le coppie di emozioni target-non target. Ai partecipanti è stato chiesto di identificare quale delle due immagini sullo schermo sembra esprimere quel tipo di emozione.

I partecipanti hanno sempre preferito la faccia neutra con il colore dell'emozione target, piuttosto che l'immagine con i colori di un'emozione non target.

Esperimento 4.

Nell'esperimento 4 viene preso in esame se l'effetto di percezione delle emozioni dimostrato nell'esperimento precedente scompare quando l'espressione facciale include anche le AUs, ovvero se le informazioni sulle emozioni sono visivamente trasmesse dai movimenti dei muscoli facciali e dalle caratteristiche diagnostiche del colore indipendentemente l'una dall'altra. Vengono quindi creati due set d'immagini aggiuntive dove, nel primo set, viene aggiunto il modello di colore della categoria di emozione presa in esame nelle immagini dei 184 individui che esprimono le sette emozioni con le unità d'azione (AU), mentre nel secondo set vengono aggiunte le caratteristiche cromatiche di un'emozione non target nell'immagine dell'espressione facciale dell'emozione prima utilizzata.

I Partecipanti all'esperimento, erano posti davanti ad una scelta forzata a due alternative in cui dovevano indicare quale delle due immagini di espressioni facciali trasmetteva l'emozione indicata dai ricercatori più chiaramente.

Conclusioni

Gli autori presentano prove computazionali e comportamentali convergenti a favore della loro ipotesi. I loro studi dimostrano che le persone identificano la corretta categoria di emozione e valenza da questi colori facciali, anche in assenza di qualsiasi movimento dei muscoli facciali.

Le emozioni sono l'esecuzione di una serie di calcoli da parte del sistema nervoso. Per oltre due millenni gli studi hanno valutato l'ipotesi che alcuni di questi calcoli possano produrre cambiamenti visibili del muscolo facciale specifici per ciascuna

emozione (Aristotle, 1939; Duchenne, 1990; Ekamn, Sorenson, Friesen, 1969; Du, Tao, Martinez, 2014; Martinez, 2017; Hjortsjo, 1969).

Questa ricerca ha studiato l'ipotesi supplementare secondo cui questi calcoli comportano cambiamenti visibili del colore del viso causati da variazioni dipendenti dall'emozione nel flusso sanguigno del viso. Fondamentalmente questo segnale visivo viene interpretato correttamente anche in assenza di movimento dei muscoli facciali. Inoltre il segnale emotivo trasmesso dal colore è additivo a quello codificato nei movimenti dei muscoli facciali e pertanto l'informazione emotiva trasmessa dal colore è almeno parzialmente indipendente da quella di movimenti facciali.

La retina umana e le aree visive successive hanno cellule specializzate per diversi tipi di stimoli ed alcune di queste sono sintonizzate per rilevare il movimento, come quelle causate dai movimenti del viso. Altre cellule sono specializzate per la percezione del colore. L'analisi visiva dell'emozione che utilizza questi due sistemi separati aggiunge robustezza al segnale emotivo, consentendo alle persone di interpretarlo più facilmente in ambienti rumorosi; inoltre l'esistenza di due meccanismi neurali separati per l'analisi del movimento e del colore fornisce una spiegazione plausibile per l'indipendenza delle informazioni sulle emozioni trasmesso dai movimenti facciali e dal colore del viso.

Bisogna anche tenere presente l'osservazione che i volti umani sono per lo più nudi, mentre quelli di altri primati sono coperti da peli facciali (Changizi, Zhang, Shimojo, 2006). Questa nudità facciale specifica degli esseri umani permette una migliore trasmissione delle emozioni attraverso la modulazione del colore facciale. Ciò potrebbe significare che la trasmissione di un segnale emotivo attraverso il colore del viso è un meccanismo non disponibile per tutti i primati e può essere il risultato di recenti forze evolutive.

Questi risultati richiedono una rivisitazione dei modelli emotivi. Ad esempio in alcuni studi hanno dimostrato che il colore può comunicare con successo 18 categorie di emozioni distinte, a un osservatore, di valenza positiva e negativa, ma sono probabili più categorie o gradi di valenza (Martinez, 2017; Spunt et al, 2017). E' possibile che nuove combinazioni di AU e colori, non ancora testate, possano produrre espressioni facciali di emozioni non ancora identificate. Questa è una domanda fondamentale nella ricerca emotiva che può influenzare la definizione di emozione e il ruolo delle emozioni in compiti cognitivi di alto livello (Spunt & Adolphs, 2017; Barrett, 2017).

I risultati del presente studio richiedono anche che vengano studiate le vie cerebrali associate alla percezione emotiva usando il colore da solo e in combinazione con i movimenti facciali.

Studi precedenti hanno suggerito l'esistenza di una varietà di percorsi nell'interpretazione delle espressioni facciali delle emozioni ma la specificità di alcuni di questi percorsi è poco conosciuta (Mèndez-Bèrtolo et al. 2016; Lindquist et al. 2012). Inoltre la comprensione di meccanismi indipendenti specifici del dominio è un argomento di alto valore nelle neuroscienze (Spunt et al. 2017; Kanwisher, 2010).

Gli attuali modelli computazionali della percezione delle espressioni facciali delle emozioni (Martinez, 2017) dovranno anche essere estesi o rivisti per includere il contributo del colore del viso e della percezione del colore. Allo stesso modo algoritmi nell'intelligenza artificiale (ad es. visione artificiale e interazione uomo-robot) dovranno essere in grado di interpretare l'emozione attraverso questi due meccanismi indipendenti se devono essere indistinguibili dall'uomo, cioè passare un test di Turing visivo (Geman et al. 2015).

Anche coerentemente con l'ipotesi degli autori, gli studi in computer grafica dimostrano l'importanza che il colore gioca nell'espressione delle emozioni (Mathur et al. 2016; de Melo et al. 2009).

I risultati sono anche significativi nello studio delle psicopatologie. Una caratteristica ricorrente nelle psicopatologie è una percezione atipica delle espressioni facciali delle emozioni (Bruyer, 2014). Ma questo è causato da limitazioni nell'interpretazione dei movimenti del viso o del colore? O questo dipende dal disturbo? Per rispondere si necessita di ulteriori studi.

Infine i risultati di questo studio supportano l'idea che la percezione del colore può avere un'interpretazione emotiva, come i pittori hanno sfruttato per anni (Kandel, 2016). Di nota sono i dipinti di Mark Rothko, composti da blocchi sfocati di colori combinati per dare la percezione delle emozioni. Gli studi presi in esame potrebbero aiutare a comprendere la percezione di emozioni così eloquentemente veicolate da questo e altri pittori.

Bibliografia

- Ahumada A, Lovell J. 1971. Stimulus features in signal detection. *J. Acoust. Soc. Am.* 49:1751–56
- Andrew J. Elliot¹ and Markus A. Maier. 2014. Color Psychology: Effects of Perceiving Color on Psychological Functioning in Humans *Annu. Rev. Psychol.* 2014. 65:95–120
- Aristotle (1939) *Aristotle: Minor Works* (Harvard Univ Press, Cambridge, MA).
- Arridge S, Moss JP, Linney AD, James DR. 1985. Three dimensional digitization of the face and skull. *J. Maxillofac. Surg.* 13:136–43
- Babiloni, F., Meroni, V. M., Soranzo R. (2007), *Neuroeconomia, Neuromarketing e Processi Decisionali*, Milano, Springer.
- Bach M, Hoffmann MB (2000) Visual motion detection in man is governed by nonretinal mechanisms. *Vis Res* 40:2379–2385.
- Ball, P. (2001), *Colore. Una biografia. Tra arte, storia, chimica la bellezza e i misteri del mondo del colore*, Milano, Rizzoli.
- Bar M, Neta M, Linz H. 2006. Very first impressions. *Emotion* 6:269–78
- Barrett LF (2017) Categories and their role in the science of emotion. *Psychol Inq* 28:20–26.
- Beaupr e M, Cheung N, Hess U. 2000. *The Montreal set of facial displays of emotion*. Slides, Dep. Psychol., Univ. Quebec Montr.
- Biehl M, Matsumoto D, Ekman P, Hearn V, Heider K, et al. 1997. Matsumoto and Ekman’s Japanese and Caucasian Facial Expressions of Emotion (JACFEE): reliability data and cross-national differences. *J. Nonverbal Behav.* 21:3–21
- Blake TM, Varnhagen CK, Parent MB (2001) Emotionally arousing pictures increase blood glucose levels and enhance recall. *Neurobiol Learn Mem* 75:262–273.
- Blanz V, Vetter T. 1999. A morphable model for the synthesis of 3D faces. *Proc. Annu. Conf. Comput. Graph. Interact. Techn., 26th, Los Angeles, Aug. 8–13*, pp. 187–94. New York: ACM Press
- Braje WL, Kersten D, Tarr MJ, Troje NF. 1998. Illumination effects in face recognition. *Psychobiology* 26:371–80
- Bruyer R (2014) *The Neuropsychology of Face Perception and Facial Expression* (Psychology Press, New York)
- Burriss RP, Little AC, Nelson EC. 2007. 2D:4D and sexually dimorphic facial characteristics. *Arch. Sex. Behav.* 36:377–84
- Carlos F. Benitez-Quiroz, Ramprakash Srinivasan, and Aleix M. Martinez. *Facial color is an efficient mechanism to visually transmit emotion*, PNAS published ahead of print March 19, 2018 <https://doi.org/10.1073/pnas.1716084115>
- Changizi MA, Zhang Q, Shimojo S. 2006. Bare skin, blood and the evolution of primate colour vision. *Biol. Lett.* 2:217–21
- Charo, M. (2008), *La moda a colori*, Modena, Logos.
- Coetsee V, Faerber SJ, Greeff JM, Lefevre CE, Re DE, Perrett DI. 2012. African perceptions of female attractiveness. *PLoS ONE* 7:e48116

- Damasio, A. (1995), *L'errore di Cartesio. : emozione, ragione e cervello umano*, Milano, Adelphi.
- Damasio, A. (2012), *Il sé viene alla mente. La costruzione del cervello cosciente*. Milano, Adelphi.
- Darwin C. 1999 (1872). *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. London: Fontana Press
- de Melo CM, Gratch J (2009) Expression of emotions using wrinkles, blushing, sweating and tears. *International Workshop on Intelligent Virtual Agents*, eds Ruttkay Z, Kipp M, Nijholt A, Vilhjálmsso HH (Springer, Amsterdam), pp 188–200.
- Duchenne GB (1990) *The Mechanism of Human Facial Expression* (Cambridge Univ Press, Paris).
- Du S, Tao Y, Martinez AM (2014) Compound facial expressions of emotion. *Proc Natl Acad Sci USA* 111:E1454–E1462.
- Ekman P, Sorenson ER, Friesen WV. 1969. Pan-cultural elements in facial displays of emotion. *Science* 164:86–88
- Ekman P, Friesen W. 1978. *Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement*. Sunnyvale, CA: Consult. Psychol. Press
- Ekman P, Rosenberg EL (1997) *What the Face Reveals: Basic and Applied Studies of Spontaneous Expression Using the Facial Action Coding System (FACS)* (Oxford Univ Press, New York).
- Euler T, Haverkamp S, Schubert T, Baden T (2014) Retinal bipolar cells: Elementary building blocks of vision. *Nat Rev Neurosci* 15:507–519.
- Fabian Benitez-Quiroz C, Srinivasan R, Martinez AM (2016) Emotionet: An accurate, real-time algorithm for the automatic annotation of a million facial expressions in the wild. *Proc IEEE Conf Comput Vis Pattern Recognit*, 10.1109/CVPR.2016.600.
- Fink B, Grammer K, Matts PJ. 2006. Visible skin color distribution plays a role in the perception of age, attractiveness, and health in female faces. *Evol. Hum. Behav.* 27:433–42
- Fink B, Matts PJ. 2007. The effects of skin colour distribution and topography cues on the perception of female age and health. *J. Eur. Acad. Dermatol.* 22:493–98
- Fink B, Matts PJ, Klingenberg H, Kuntze S, Weege B, Grammer K. 2008. Visual attention to variation in female facial skin color distribution. *J. Cosmet. Dermatol.* 7:155–61
- Fink B, Bunse PJ, Matts BJ, D’Emiliano D. 2012a. Visible skin colouration predicts perception of male facial age, health, and attractiveness. *Int. J. Cosmet. Sci.* 34:307–10
- Fink B, Matts PJ, D’Emiliano D, Bunse L, Weege B, Roder S. 2012b. Colour homogeneity and visual perception of age, health, and attractiveness of male facial skin. *J. Eur. Acad. Dermatol.* 26:1486–92
- Galimberti, U. (1999), *Enciclopedia di Psicologia*, Milano, Garzanti.
- Garfinkel SN, Critchley HD (2016) Threat and the body: How the heart supports fear processing. *Trends Cognit Sci* 20:34–46.
- Geman D, Geman S, Hallonquist N, Younes L (2015) Visual Turing test for computer vision systems. *Proc Natl Acad Sci USA* 112:3618–3623.
- Gosselin F, Schyns PG. 2001. Bubbles: a technique to reveal the use of information in recognition tasks. *Vis.Res.* 41:2261–71
- Gradinetti, R. (2002), *Concetti e strumenti di Marketing, il ruolo del marketing tra produzione e consumo*, Etas.

- Grammer K, Thornhill R. 1994. Human (*Homo sapiens*) facial attractiveness and sexual selection: the role of symmetry and averageness. *J. Comp. Psychol.* 108:233–42
- Hammond P, Suttie M. 2012. Large-scale objective phenotyping of 3D facial morphology. *Hum. Mutat.* 33:817–25
- Haxby JV, Hoffman EA, Gobbini MI. 2000. The distributed human neural system for face perception. *Trends Cogn. Sci.* 4:223–33
- Hill H, Schyns PG, Akamatsu S. 1997. Information and viewpoint dependence in face recognition. *Cognition* 62:201–22
- Hjortsjö CH (1969) *Man's Face and Mimic Language* (Studen Litteratur, Lund, Sweden)
- Hummert ML. 2014. Age changes in facial morphology, emotional communication, and age stereotyping. In *The Oxford Handbook of Emotion, Social Cognition, and Problem Solving in Adulthood*, ed. P Verhaeghen, C Hertzog, pp. 47–60. Oxford, UK: Oxford Univ. Press
- Jewett, J. W., Serway, R. A. (2007), *Principi di fisica. Volume I*, Napoli, EdiSES.
- Jones AL, Kramer RS, Ward R. 2012. Signals of personality and health: the contributions of facial shape, skin texture, and viewing angle. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 38:1353–61
- Kandel ER (2016) *Reductionism in Art and Brain Science: Bridging the Two Cultures* (Columbia Univ Press, New York).
- Kandel, E. R. (2017), *Arte e Neuroscienze*, Milano, Raffaello Cortina.
- Kanwisher N (2010) Functional specificity in the human brain: A window into the functional architecture of the mind. *Proc Natl Acad Sci USA* 107:11163–11170.
- Krumhuber EG, Manstead AS, Cosker D, Marshall D, Rosin PL, Kappas A. 2007. Facial dynamics as indicators of trustworthiness and cooperative behavior. *Emotion* 7:730–35
- Langner O, Dotsch R, Bijlstra G, Wigboldus DHJ, Hawk ST, van Knippenberg A. 2010. Presentation and validation of the Radboud Faces Database. *Cogn. Emot.* 24:1377–88
- Lindquist KA, Wager TD, Kober H, Bliss-Moreau E, Barrett LF (2012) The brain basis of emotion: A meta-analytic review. *Behav Brain Sci* 35:121–143.
- Little AC, Perrett DI. 2007. Using composite images to assess accuracy in personality attribution to faces. *Br. J. Psychol.* 98:111–26
- Liu F, van der Lijn F, Schurmann C, Zhu G, Chakravarty MM, et al. 2012. A genome-wide association study identifies five loci influencing facial morphology in Europeans. *PLOS Genet.* 8:e1002932
- Lundqvist D, Flykt A, Öhman A. 1998. *The Karolinska directed emotional faces*. CD-ROM, Dep. Clin. Neurosci., Psychol. Sect., Karolinska Inst., Stockholm
- Macrae CN, Bodenhausen GV. 2000. Thinking categorically about others. *Annu. Rev. Psych.* 51:93–120
- Marini, A. (2014), *Manuale di neurolinguistica. Fondamenti teorici, tecniche di indagine, applicazioni*, Roma, Carocci Editore.
- Marrone, G. (2014), *Buono da pensare. Cultura e comunicazione del gusto*, Roma, Carocci.
- Martinez AM, Kak AC (2001) PCA versus LDA. *IEEE Trans pattern Anal Mach Intell* 23:228–233.
- Martinez AM, Zhu M (2005) Where are linear feature extraction methods applicable? *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell* 27:1934–1944.
- Martinez AM (2017) Visual perception of facial expressions of emotion. *Curr Opin Psychol* 17:27–33

- Mastandrea, S. (2015), *Psicologia dell'arte*, Roma, Carocci.
- Mathur MB, Reichling DB (2016) Navigating a social world with robot partners: A quantitative cartography of the uncanny valley. *Cognition* 146:22–32.
- Matsumoto D, Ekman P. 1988. *Japanese and Caucasian Facial Expressions of Emotion (JACFEE) and Neutral Faces (JACNeuF)*. Slides, Dep. Psychiatry, Univ. Calif., San Francisco
- Matts PJ, Fink B, Grammer K, Burquest M. 2007. Color homogeneity and visual perception of age, health, and attractiveness of female facial skin. *J. Am. Acad. Dermatol.* 57:977–84
- Mendez-Bertolo C, et al. (2016) A fast pathway for fear in human amygdala. *Nat Neurosci* 19: 1041–1049.
- Oosterhof NN, Todorov A. 2008. The functional basis of face evaluation. *PNAS* 105:11087–92
- Paccagnella, L. (2004), *Sociologia della comunicazione*, Bologna, il Mulino Manuali.
- Pratesi, C. A., Donnelly, J. H., Peter, J. P. (2009), *Marketing*, Milano, McGraw-Hill.
- Rachael E. Jack and Philippe G. (2017) Toward a Social Psychophysics of Face Communication Schyns *Annu. Rev. Psychol.* 68:269–97
- Rhodes MG, Anastasi JS. 2012. The own-age bias in face recognition: a meta-analytic and theoretical review. *Psychol. Bull.* 138:146–74
- Roberts A. 2010. *The Incredible Human Journey*. London: A&C Black
- Samson N, Fink B, Matts PJ. 2010. Interaction of skin color distribution and skin surface topography cues in the perception of female facial age and health. *J. Cosmet. Dermatol.* 10:78–84
- Schyns PG. 1998. Diagnostic recognition: task constraints, object information, and their interactions. *Cognition* 67:147–79
- Schyns PG, Goldstone RL, Thibaut JP. 1998. The development of features in object concepts. *Behav. Brain Sci.* 21:1–17, discussion 17–54
- Schyns PG, Gosselin F, Smith ML. 2009. Information processing algorithms in the brain. *Trends Cogn. Sci.* 13:20–26
- Snodgrass JG. 1975. Psychophysics. In *Experimental Sensory Psychology*, ed. B Scharf, pp. 17–67. Glenview, IL:Scott Foresman
- Spunt RP, Adolphs R (2017) The neuroscience of understanding the emotions of others. *Neurosci Lett*, in press.
- Spunt RP, Adolphs R (2017) A new look at domain specificity: Insights from social neuroscience. *Nat Rev Neurosci* 18:559–567.
- Stephen ID, McKeegan AM. 2010. Lip colour affects perceived sex typicality and attractiveness of human faces. *Perception* 39:1104–10
- Stephen ID, Coetzee V, Law Smith M, Perrett DI. 2009a. Skin blood perfusion and oxygenation colour affect perceived human health. *PLoS ONE* 4:e5083
- Stephen ID, Law Smith MJ, Stirrat MR, Perrett DI. 2009b. Facial skin coloration affects perceived health of human faces. *Int. J. Primatol.* 30:845–57
- Stephen ID, Coetzee V, Perrett DI. 2011. Carotenoid and melanin pigment coloration affect perceived human health. *Evol. Hum. Behav.* 32:216–27

- Stephen ID, Oldham FH, Perrett DI, Barton RA. 2012a. Redness enhances perceived aggression, dominance and attractiveness in men's faces. *Evol. Psychol.* 10:562–72
- Stephen ID, Scott IML, Coetzee V, Pound N, Perrett DI, Penton-Voak IS. 2012b. Cross-cultural effects of color, but not morphological masculinity, on perceived attractiveness of men's faces. *Evol. Hum. Behav.* 33:260–67
- Swets JA, Green DM, Shipley EF, Sewall SE, Wasserman AG. 1963. *Signal detection by human observers*. DTIC Doc., Camb. Res. Lab. Electron., Mass. Inst. Technol. https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/52270/RLE_QPR_053_XX.pdf?sequence=1
- Swiatoniowski AK, Quillen EE, Shriver MD, Jablonski NG. 2013. Technical note: comparing von Luschan skin color tiles and modern spectrophotometry for measuring human skin pigmentation. *Am. J. Phys. Anthropol.* 151:325–30
- Vetter T, Troje NF. 1997. Separation of texture and shape in images of faces for image coding and synthesis. *JoSAA* 14:2152–61
- Whitehead RD, Ozakinci G, Perrett DI. 2012. Attractive skin coloration: harnessing sexual selection to improve diet and health. *Evol. Psychol.* 10:842–54
- Wilson EO. 2012. *The Social Conquest of Earth*. New York: WWNorton & Co.
- Yu H, Garrod OGB, Schyns PG. 2012. Perception-driven facial expression synthesis. *Comput. Graph.* 36:152–62
- Zacharopoulos GV, Manios A, Kau CH, Velagrakis G, Tzanakakis GN, de Bree E. 2016. Anthropometric analysis of the face. *J. Craniofac. Surg.* 27:e71–e75