

# Università degli Studi di Firenze

## Corso di Laurea in Ottica e Optometria

**16 Febbraio 2017**

Giovedì 16 Febbraio si è tenuta presso l'IRSOO di Vinci la sessione di laurea in Ottica e Optometria delle studentesse Giulia Bigagli, Elisabetta Orrù, Andrea Tito e Beatrice Tofani.

La commissione di tesi era composta dal presidente del CdL Dott. Stefano Cavaliere e dai docenti Elisabetta Baldanzi, Lorenzo Busoni, Alessandro Farini, Lorenzo Fini, Luca Mercatelli e Nicola Poli.



*Le studentesse Tofani, Bigagli, Orrù e Tito con la Commissione.*

Di seguito la presentazione degli elaborati:

### **GIULIA BIGAGLI**

Titolo tesi: "Valutazione della gamma di incertezza cromatica nella visione umana tramite un esperimento psicofisico".

Relatore: Dott. Alessandro Farini.

La visione del colore è sempre stato uno dei campi di ricerca in cui la sovrapposizione tra aspetti fisici ed aspetti percettivi è sempre stata assai ampia. Non stupisce così che guardando tra i nomi protagonisti di ricerche in questo settore si trovino nomi di grandi fisici, psicofisici e perfino letterati o filosofi (come Goethe o Wittgenstein). Un tema che ha sempre appassionato è quello se la visione del colore fosse soggettiva o oggettiva e, allo stesso tempo, se fosse una costante nel tempo o se potesse cambiare nel corso della vita di un essere umano. Lo scopo della tesi è quella di misurare attraverso un esperimento psicofisico le soglie cromatiche, cioè la più piccola differenza di colore che una persona sia in grado di discriminare e verificare se è presente una relazione tra la variazione di tali soglie e

l'avanzare dell'età. Lo studio è stato condotto sia in pazienti dotati di una normale visione tricromatica sia in pazienti affetti da anomalie nella visione del colore.

Per comprendere la situazione attuale della ricerca in questo campo nel primo capitolo è presente un'introduzione alla visione del colore, accennando ai recettori retinici, alle teorie del colore e alle anomalie della visione del colore, classificandole in base all'eziologia e alla tipologia. In seguito si confrontano le soglie minime cromatiche misurate in alcuni studi recenti e i test che sono stati utilizzati. Infine si trattano brevemente i fattori che influenzano la visione del colore durante l'arco della vita, come la diminuzione della trasmittanza oculare e la perdita delle cellule gangliari, che portano al peggioramento e all'aumento delle soglie cromatiche.

Nel secondo capitolo viene descritto l'apparato sperimentale, con particolare attenzione alla caratterizzazione del monitor utilizzato per l'esperimento, al funzionamento dei due test e ai metodi psicofisici su cui sono basati.

Nel terzo capitolo sono presentati i risultati sperimentali ottenuti sui pazienti.

Per ogni paziente è stata ricavata la curva psicometrica e a partire da questo risultato è stata ricavata la soglia cromatica e il relativo errore sperimentale. Un nuovo parametro, descrivibile come l'area di confusione cromatica di ogni soggetto, è stato introdotto, osservandone la variazione nel corso dell'età. Nel quarto capitolo, infine, si traggono le conclusioni del lavoro sperimentale, cercando di porre anche l'accento sulle principali problematiche incontrate e sui possibili sviluppi futuri.



*Le candidate Orrù e Bigagli*

## **ELISABETTA ORRÙ**

Titolo tesi: "Valutazione psicofisica della soglia cromatica: confronto tra il metodo degli stimoli costanti e il metodo "staircase" adattato".

Relatore: Alessandro Farini.

La Psicofisica è la scienza che definisce le relazioni quantitative tra eventi fisici ed eventi psicologici. Nel 1860 Fechner, per primo, capì che si poteva tentare di mettere in relazione la misura fisica di una grandezza con la sensazione che essa produceva in una persona e si rese conto che tale relazione poteva non essere lineare.

Una delle funzioni di base di ogni sistema percettivo è quella di discriminare l'energia o i cambiamenti di questa nell'ambiente. Questa energia può essere chimica, come nel caso del gusto e dell'olfatto, elettromagnetica, come nel caso della visione, meccanica, come nel caso dell'acustica e del tatto oppure termica. Per essere percepito lo stimolo deve contenere un certo livello d'energia. Questo livello minimo di energia viene definito soglia assoluta ed è l'intensità dello stimolo che, secondo Fechner, eleva la percezione sopra la soglia della consapevolezza.

Proprio per la particolarità dello scopo che si prefigge, la psicofisica ha metodologie proprie, diverse da altre discipline scientifiche. Nella tesi si è dedicata particolare attenzione al confronto tra due diversi metodi psicofisici, entrambi utilizzati per determinare le soglie di percezione cromatica lungo 8 assi descritti nello spazio cromatico CIE Lab. I due metodi, quello degli stimoli costanti e quello "staircase"

adattato, hanno permesso la misura delle soglie di discriminazione cromatica e conseguentemente delle aree "di confusione" cromatiche e anche di come ognuno di questi parametri variasse in funzione dell'età.

L'utilizzo dei metodi psicofisici in questo tipo di esperimento ha permesso anche di evidenziare le differenze tra soggetti tricromatici e soggetti anomali nella visione del colore e anche delle differenze tra gli stessi soggetti anomali.

Nel primo capitolo, allo scopo di descrivere lo stato dell'arte attuale della ricerca nella visione del colore, sono stati affrontati i temi riguardanti la visione del colore; come essa avviene e quali sono le teorie che vi sono alla base.

Inoltre sono state argomentate le possibili problematiche della percezione cromatica che si verificano con il progredire dell'età, con la presenza di malattie congenite come il Daltonismo e di malattie sistemiche. Tali temi sono stati introdotti con un'analisi di alcuni studi e dei metodi che in questi sono stati adoperati per arrivare a determinare tali problematiche e come queste influenzino la nostra percezione dei colori. Il secondo capitolo introduce i temi fondamentali su cui si basa l'esperimento; in particolare sono stati evidenziati i metodi e l'apparato sperimentale di cui ci siamo avvalsi, che consiste in un monitor appositamente caratterizzato. Nel terzo capitolo sono stati riportati i risultati sperimentali, che sono stati poi analizzati nel quarto capitolo, cercando anche di far notare limiti e punti di forza del nostro approccio sperimentale.

## **ANDREA TITO**

Titolo tesi: "Misure con un sistema di eye tracking con particolare riguardo alle opere d'arte illuminate con sorgenti LED".

Relatore: Prof.ssa Elisabetta Baldanzi, correlatore: Prof.ssa Carla Balocco.

Il lavoro di tesi è incentrato sull'utilizzo di un dispositivo di eye tracking e i relativi software di controllo e di analisi. L'obiettivo dello studio è stato quello di acquisire le competenze tecniche per l'utilizzo di tale strumento e di investigare, attraverso la tecnica di eye tracking, gli effetti che l'utilizzo di diverse sorgenti LED comporta per la percezione e la fruizione di un'opera d'arte. Le misure sono state realizzate su 11 partecipanti di età compresa fra i 23 e i 50 anni. L'esperimento è stato suddiviso in tre prove per ogni opera d'arte. In ogni prova ciascun dipinto è stato illuminato con due sorgenti per un tempo di 15s per ciascun tipo di illuminazione e al termine di ogni test è stato chiesto di esprimere una preferenza per la prima o la seconda sorgente utilizzata. Una prima analisi generale, basata sulle Heat maps e sulle immagini di Gaze Plot mostra che ogni opera d'arte è stata osservata in modo analogo da ciascun partecipante. Sono state riscontrate delle differenze, invece, valutando i dati relativi alla percentuale della durata delle fissazioni e alla percentuale della durata delle visite nelle Aree di Interesse (AOI) create. Valutando i dati ottenuti all'interno di ogni AOI è stato notato che in alcuni casi gli elementi delle opere d'arte dipinti principalmente con tonalità di colore calde, vengono osservati maggiormente quando il quadro è stato illuminato con la sorgente avente la temperatura di colore inferiore alle altre e che emette quindi una luce dalle tonalità calde. Gli elementi caratterizzati principalmente da colori freddi, vengono fissati e visitati per più tempo con la sorgente avente la temperatura di colore più elevata. In accordo con i dati presenti in letteratura è stato notato che, nei dipinti caratterizzati principalmente da figure umane, lo sguardo dei partecipanti è concentrato maggiormente su piccole aree mentre nel dipinto in cui viene rappresentato un paesaggio naturale gli occhi si sono soffermati su un maggior numero di elementi. I risultati hanno inoltre confermato il potere attrattivo degli

occhi e della bocca durante l'osservazione di un volto e la differenza del tempo impiegato ad osservare il volto o le braccia, a seconda del tipo di interazione fra i personaggi rappresentati.

## **BEATRICE TOFANI**

Titolo tesi: "Studio e caratterizzazione sperimentale di uno strumento di metrologia ottica basato su un sensore di fronte d'onda a piramide".  
Relatore: Dott. Lorenzo Busoni, correlatore: Prof. Nicola Poli.

Il lavoro di tesi ha avuto come obiettivo lo studio e la caratterizzazione di uno strumento di metrologia ottica basato su un sensore di fronte d'onda a piramide. Lo studio inizia con una trattazione teorica dei principi alla base del sensore a piramide e di alcune sue caratteristiche come la sensibilità e la propagazione dell'errore. Attraverso un confronto è stato osservato che tale sensore possiede caratteristiche che lo differenziano, ed in alcuni casi lo migliorano, rispetto a altri due sensori di fronte d'onda più comuni e maggiormente utilizzati: l'interferometro ed il sensore Shack-Hartmann.



*Le candidate Tofani e Tito*

Dopo una descrizione del banco ottico e dell'algoritmo di misura sono stati esposti i risultati delle misure eseguite durante l'attività di laboratorio. Per le misure è stato utilizzato il sensore a piramide e uno specchio deformabile per introdurre un'aberrazione nota; è stata valutata la ripetibilità di misura, ovvero la deviazione standard dei coefficienti di Zernike della funzione di aberrazione misurata. La ripetibilità è stata valutata sia al variare del numero di misure, ovvero valutando la deviazione standard dei coefficienti di Zernike di un campione composto da N misure ciascuna ottenuta dalla media di M immagini, sia al variare del raggio di modulazione, ovvero la deviazione standard dei coefficienti di Zernike con tre diversi raggi di modulazione. Si è riscontrata la presenza di un errore sistematico legato alla modulazione ed un probabile contributo dovuto al Retrace Error, ovvero il contributo al fronte d'onda dello strumento legato all'aberrazione introdotta dal campione, poiché aberrazioni in ingresso differenti fanno sì che i fasci incontrino parti diverse delle ottiche del sistema. Come ultima cosa è stata valutata l'accuratezza, quantificata come lo scarto tra un'aberrazione nota introdotta dallo specchio deformabile e la misura corrispondente realizzata con il sensore a piramide.

Nell'ultima parte del lavoro è stata descritta l'applicazione del sensore in oftalmologia parlando di un sistema per la misura e la correzione delle aberrazioni oculari basato su un sensore a piramide.