

# Un algoritmo per la valutazione percettiva delle interfacce visuali

*Alessandro Rizzi*

*Carlo Gatta*

*Francesco Taraschi*

*Massimo Zanardini*

*Marco Abbiati*

*Dipartimento di Tecnologie dell'Informazione*

*Università di Milano*

*Via Bramante, 65*

*26013 Crema (CR) - Italy*

## ➤ Introduzione

L'interfaccia di un prodotto software ha assunto sempre più importanza grazie alle evidenti facilitazioni che il suo uso comporta ed è ormai ritenuta una condizione strutturalmente necessaria di qualsiasi applicativo ben progettato: per quanto un programma possa essere potente, innovativo e valido, privo di una adeguata interfaccia, non riscuoterà successo a causa della sua scarsa utilizzabilità. Spesso a tali indubbi vantaggi di utilizzo, non corrisponde una sufficiente accuratezza nella progettazione delle interfacce e di conseguenza diviene difficile utilizzare i relativi programmi e pagine web. Cattiva gestione del colore, scarsa leggibilità, luminosità media inappropriata sono i problemi riscontrati più frequentemente e che causano una limitata funzionalità delle interfacce: oggetti poco visibili (ad es. bottoni che non sembrano tali) possono rendere l'applicazione di difficile utilizzo.

Non vi sono paradigmi universalmente accettati o strumenti di larga diffusione che possano valutare quanto un'interfaccia sia effettivamente funzionale, ci troviamo quindi di fronte ad un panorama disomogeneo.

Dato che le interfacce di un player per mp3, di un lettore dvd, di un programma per la produttività in ufficio, ecc... , sebbene derivino da una progettazione funzionale, sono, in ultima istanza, immagini

digitali fruite dall'utente, si è pensato di applicare un modello computazionale di percezione cromatica ad alcune di esse e di valutare se e in quali casi l'applicazione di un modello di questo tipo possa suggerire eventuali miglioramenti.

Il modello computazionale adottato è ACE <sup>[1,2,3,4,5]</sup>, un algoritmo in grado di operare su immagini, equalizzandone colore e luminosità in modo automatico, secondo principi derivanti da un modello della percezione cromatica del Sistema Visivo Umano (SVU). ACE è un programma gratuito, scaricabile da web all'indirizzo.<sup>[6]</sup>

## ➤ Il modello di percezione cromatica utilizzato

Un'immagine può essere fortemente influenzata dalle condizioni di illuminazione: un certo tipo di illuminante può sovrimporre all'immagine una dominante cromatica oppure configurazioni di luci particolari (illuminazione non uniforme, controtuce, ombre...) spesso rendono poco visibili alcune aree dell'immagine.

IL SVU è in grado di adattarsi a queste condizioni diminuendone fortemente la variabilità. Possono essere particolarmente utili, per aumentare l'efficacia di immagini digitali, algoritmi in grado di simulare tali meccanismi di adattamento. A questo scopo proponiamo un algoritmo chiamato ACE (Automatic Color Equalization) derivante da un modello semplificato di percezione cromatica del SVU. In particolare è in grado di simulare due mec-

Alessandro Rizzi  
 Carlo Gatta  
 Francesco Taraschi  
 Massimo Zanardini  
 Marco Abbati

canismi fondamentali di adattamento del SVU: la lightness constancy e la color constancy.

La lightness constancy permette al sistema visivo umano di adattarsi a diversi livelli di luminosità della scena; questo comportamento fa sì che il SVU percepisca come grigio medio l'oggetto che riflette la luminosità media presente nel campo visivo. La simulazione della lightness constancy corrisponde all'operazione di centratura dell'istogramma (funzione eseguita da un esposimetro nel campo della

fotografia) nella gamma dinamica disponibile per rappresentare un'immagine. Questo metodo, denominato Gray World (GW), anche se non particolarmente efficiente se è applicato da solo, diviene di fondamentale importanza quando è inserito in un modello più completo. Il meccanismo di color constancy è in grado di rimuovere un'eventuale dominante cromatica dovuta al tipo d'illuminante presente nell'ambiente. In questo caso il sistema visivo umano modifica la propria percezione del colore,

adattandosi ad un'ipotetica zona bianca presente nella scena. Questo meccanismo, che opera globalmente sull'immagine, prende il nome di White Patch (WP). ACE è in grado di ridurre le differenze cromatiche dovute alle variazioni d'illuminazione e di massimizzare la dinamica dell'immagine utilizzando le informazioni cromatiche locali.

Data la sua complessità algoritmica,  $O(N^2)$  dove  $N$  è il numero di pixel dell'immagine, è stato sviluppato anche un metodo più veloce grazie all'utilizzo di

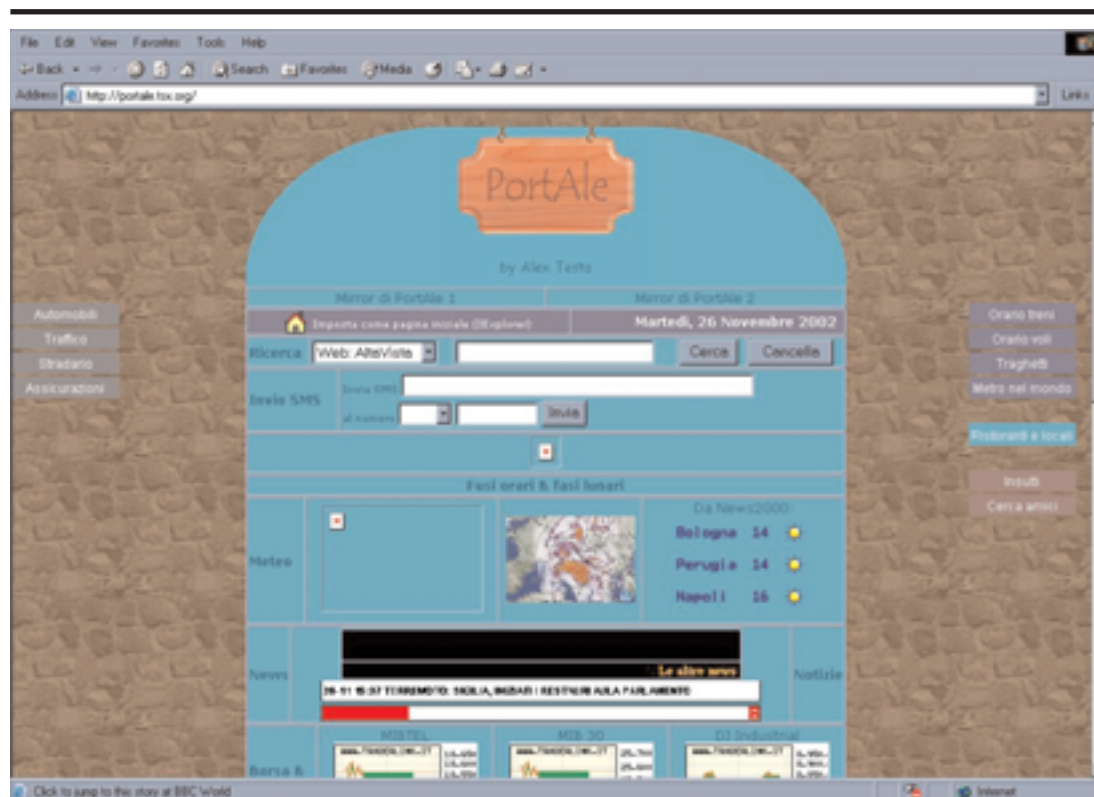


Fig 1,2 - Esempio di applicazione ad una interfaccia: originale (sinistra) e filtrata con ACE (in alto).

Un algoritmo per la valutazione percettiva  
 delle interfacce visuali

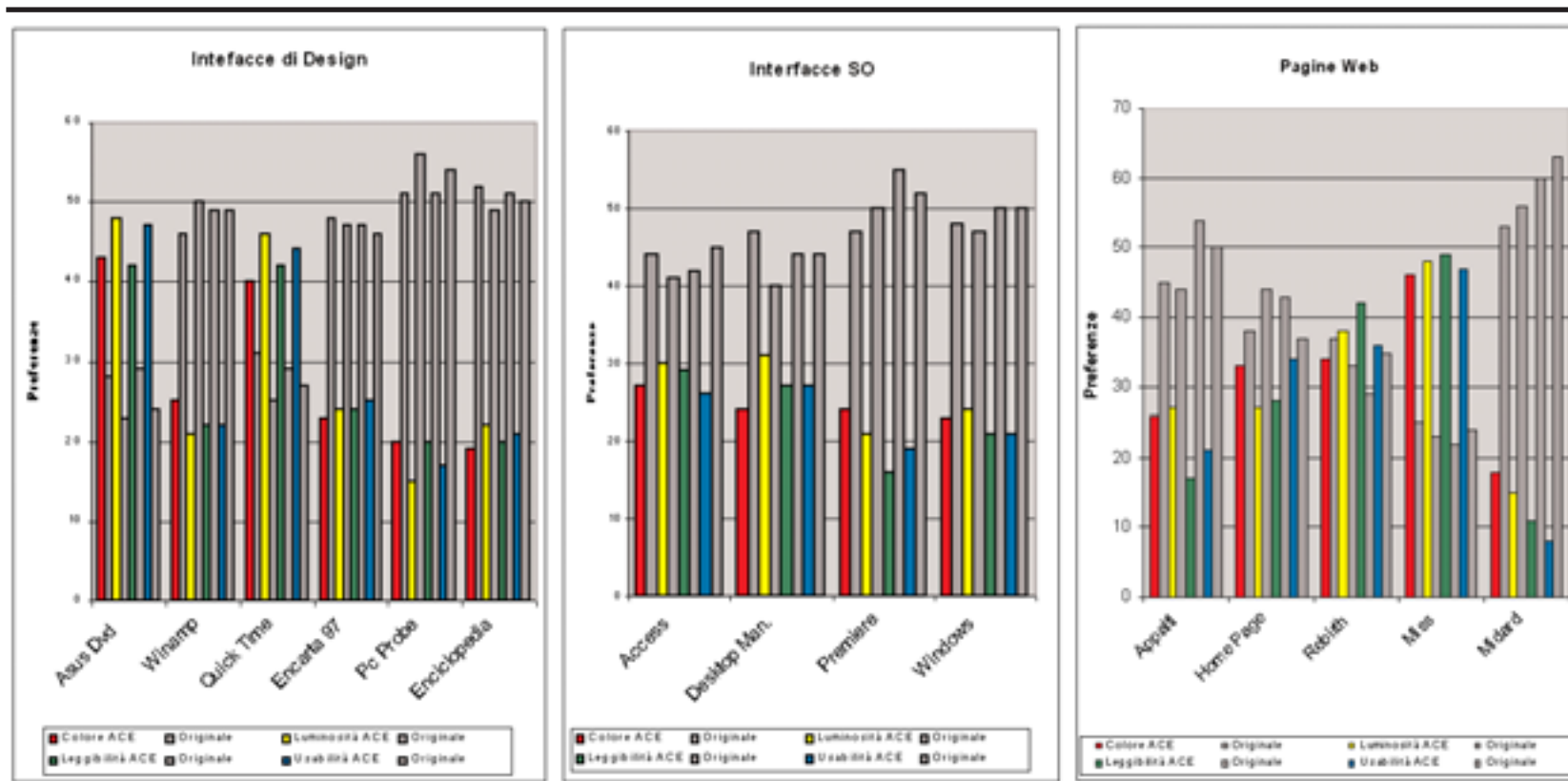
Look Up Table locali.<sup>[7]</sup> Grazie a questo approccio è possibile ottenere risultati molto simili, ma con tempi di calcolo decisamente ridotti.

## Test set up

Con un algoritmo per gli Screen-shots (un applicativo che permette di catturare le immagini che sono visualizzate sul monitor), abbiamo fotografato 112 interfacce di diversa provenienza (pagine web, applicativi e strumenti per la riproduzione multimediale), suddivisibili in tre macrogruppi di seguito

riportati. Questa suddivisione è stata necessaria data la diversa finalità degli applicativi.

1. Programmi con interfaccia propria, tutti quei programmi, come per esempio un'enciclopedia su cd rom, o lettori multimediali, che non dipendono direttamente dal sistema operativo (SO).
2. Programmi con interfaccia SO, tutti quei pro-



Istogrammi che mostrano le preferenze degli intervistati riguardo le interfacce di design, le interfacce dei SO e le pagine Web.

Alessandro Rizzi  
Carlo Gatta  
Francesco Taraschi  
Massimo Zanardini  
Marco Abbrati

Un algoritmo per la valutazione percettiva  
delle interfacce visuali

grammi, per la maggior parte professionali, che si appoggiano all'interfaccia del SO e che la interpretano in vari modi.

3. Pagine HTML, documenti scritti con un linguaggio basato su tags che vengono interpretati dal browser presente sulla macchina del navigatore e che si incontrano durante la navigazione web.

Per verificare se le modifiche apportate da ACE

Interfacce di design	Originale	ACE	Interfacce SO	Originale	ACE	Pagine Web	Originale	ACE
Arus DVD	0	4	Access	4	0	Appalti	4	0
Winamp	4	0	Desktop	4	0	Home page	4	0
Quicktime	0	4	Premiere	4	0	Rebirth	2	2
Encarta '97	4	0				Miss	0	4
PC Probe	4	0				Midgard	4	0
Enciclopedia	4	0						

siano vantaggiose rispetto all'usabilità di un'interfaccia si è deciso di stendere un questionario e di proporlo a un campione di possibili utenti. Abbiamo impostato le domande a risposta chiusa in modo da facilitare la raccolta e la stesura ed elaborazione dei dati. Le domande poste agli intervistati si possono dividere in due categorie:

- Informazioni generali per inquadrare il livello e la frequenza di utilizzo del personal computer, l'importanza attribuita all'interfaccia, il numero e il tipo di applicativi utilizzati tipicamente.
- Quattro domande specifiche per ogni coppia di immagini, per un totale di quindici interfacce suddivise nelle tre categorie sopra esplicitate, con l'obiettivo di tracciare una mappa delle preferenze nei

confronti ognuna delle due versioni delle figure campione.

In base alle risposte emerse dal questionario, riguardante il confronto tra 113 immagini originali e 113 processate con l'algoritmo ACE, abbiamo acquisito dati sufficienti per trarre alcune conclusioni sull'applicabilità di ACE all'interfacce.

## ➤ Risultati e commenti

Un esempio di filtraggio di interfaccia è visibile in figura 1. Come visibile, ACE cambia in modo dipendente dal contesto i colori ed il contrasto dell'interfaccia, simulando così la sua apparenza visiva.<sup>[1,2,3]</sup> Agli utenti sono state mostrate le 112 interfacce originali e le relative versioni filtrate con ACE. Dopo la visione agli utenti veniva chiesto di compilare il questionario. Dopo una prima analisi dei dati emersi dal questionario abbiamo rappresentato tramite grafici (asse delle ascisse: interfaccia, asse delle ordinate: votanti) le preferenze riguardanti la versione modificata da ACE, degli utenti interpellati. I tre grafici visualizzano tramite colonne le preferenze degli utenti riguardo i quattro aspetti chiave di

ogni immagine proposta. Le colonne sono accostate in modo da fornire un rapido confronto delle scelte tra la versione modificata da ACE (colonne colorate) e la relativa originale (colonne grigie).

Si può notare che generalmente le risposte riguardanti i quattro parametri di valutazione: "colore", "luminosità", "leggibilità" e "quale useresti", hanno pressoché la stessa quantità di voti.

Nella **tabella** qui al lato vengono riportati i risultati riassuntivi. Viene assegnato un punto per ogni aspetto ("colore", "luminosità", "leggibilità", "quale useresti") se più della metà degli intervistati ha preferito una delle due versioni delle interfacce. Si può notare che se ACE modifica positivamente l'interfaccia, a detta degli interpellati, tutti e quattro i parametri risultano a suo favore.

Seguono alcuni esempi di interfacce di design che ACE ha modificato con successo.

Alessandro Rizzi  
Carlo Gatta  
Francesco Taraschi  
Massimo Zanardini  
Marco Abbrati

# ASUS DVD

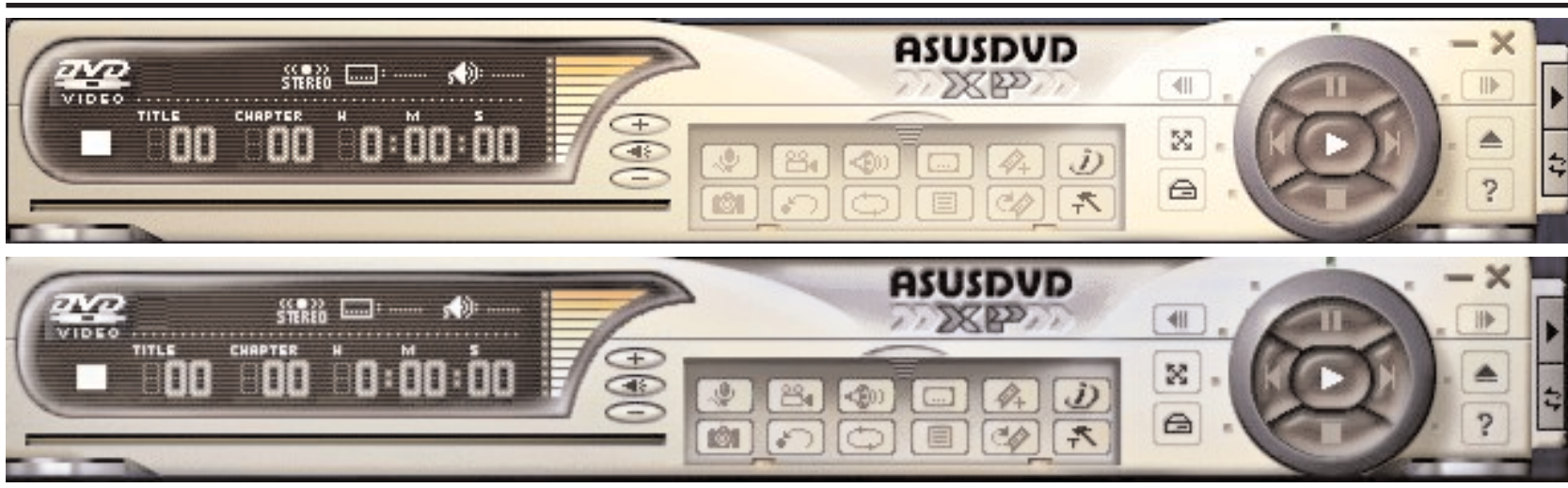


Fig. 3, 4 - Esempio di applicazione ad una interfaccia: originale (sinistra) e filtrata con ACE (destra).

Nel caso di questa interfaccia ACE ha dato buoni risultati, i dettagli e i bottoni risaltano maggiormente e la dominante cromatica gialla è stata sostituita con un colore più metallico.

Alessandro Rizzi  
 Carlo Gatta  
 Francesco Taraschi  
 Massimo Zanarini  
 Marco Abbrati



Un algoritmo per la valutazione percettiva delle interfacce visuali



Fig. 5, 6 - Esempio di applicazione ad una interfaccia: originale (sinistra) e filtrata con ACE (destra).

## ➤ QUICK TIME

Un'altra interfaccia che ha beneficiato dell'uso di ACE è quella di Quick Time: la texture risulta più gradevole, i pulsanti dei comandi risaltano maggiormente e la luminosità è stata preferita rispetto alla versione normale da una buona percentuale di intervistati.

## ➤ MIDGARD

In presenza di texture semplici come sfondo ad un testo queste vengono risaltate, senza quindi nessuna funzionalità precisa se non quella estetica, viene reso, però, quasi illeggibile il testo.



Fig. 7, 8 - Esempio di applicazione ad una interfaccia: originale (sinistra) e filtrata con ACE (destra).

Alessandro Rizzi  
Carlo Gatta  
Francesco Taraschi  
Massimo Zanardini  
Marco Abbrati

Un algoritmo per la valutazione percettiva  
delle interfacce visuali

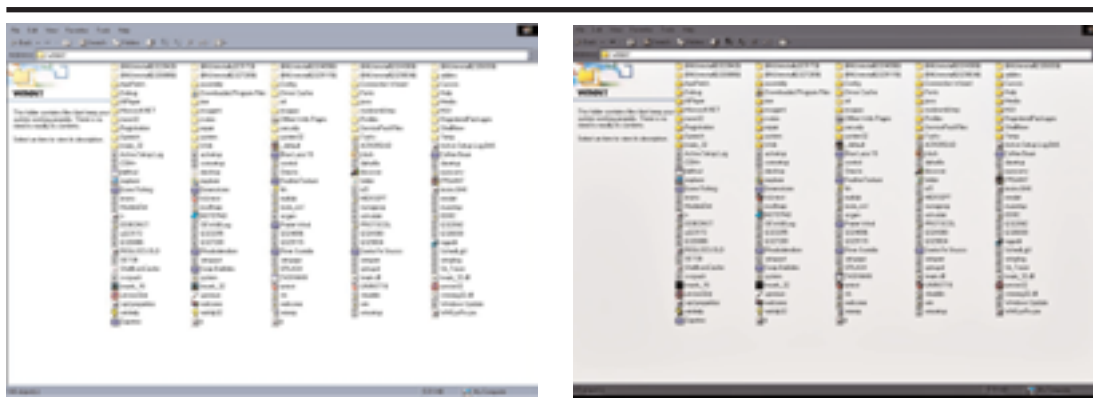


Fig. 9, 10 - Esempio di applicazione ad una interfaccia: originale (sinistra) e filtrata con ACE (destra).

## ➤ CARTELLE

Le interfacce SO dipendenti si presentano già ottimizzate nella leggibilità e nella luminosità, in questo caso ACE non apporta nessun tipo di miglioramento, andando a togliere la dominante cromatica e scurendo l'immagine in quanto più chiara del grigio medio. Dai dati raccolti, emerge chiaramente, che ACE è utile nei casi di programmi con interfaccia propria (o di design). L'ipotesi che si può avanzare per interpretare questo risultato è che l'aspetto dell'interfaccia di design (es. uno stereo o un videoregistratore) si presenti molto simile a riproduzioni realistiche e perciò si avvicini agli oggetti reali, simulati da dispositivi digitali. La presenza simultanea di uno sfondo ampio e perfettamente monocromatico e di un testo sarebbe una condizione lontana da oggetti reali. L'intervento dello stesso meccanismo potrebbe spiegare sia i risultati simili otte-

nuti con le pagine web sia il fatto che ACE si riveli poco efficace con interfacce che si appoggiano al sistema operativo, per le quali, al contrario, sfondi ampi e perfettamente monocromatici sono la norma. Buoni risultati vengono ottenuti per inter-

facce con scarsa leggibilità. ACE, infatti, operando sul contrasto tra sfondo e testo riesce a rendere quest'ultimo più leggibile. In casi in cui le interfacce siano troppo chiare o troppo scure l'uso di ACE alza o abbassa la luminosità avvicinandola a intensità medie, ma non sempre questa modifica è stata apprezzata dal campione intervistato. Nelle interfacce di design sono stati apprezzati i cambiamenti apportati dall'algorithm di equalizzazione quando, oltre a dare una luminosità più opportuna, rende i pulsanti più distinguibili dallo sfondo con il risultato di aumentarne la fruibilità. Inoltre ACE si rivela utile nel rendere più visibili texture poco evidenti, che si confondono con il resto dell'interfaccia, a patto che non ci sia un testo sovrastante. In questo caso, infatti, la messa in risalto della texture rende poco leggibili i caratteri. In base allo stesso principio, come è possibile vedere nell'esempio di Fig. 11 e 12, ACE mette in rilievo anche eventuali imperfezioni o rumore di fondo preesistente. Nell'esempio,

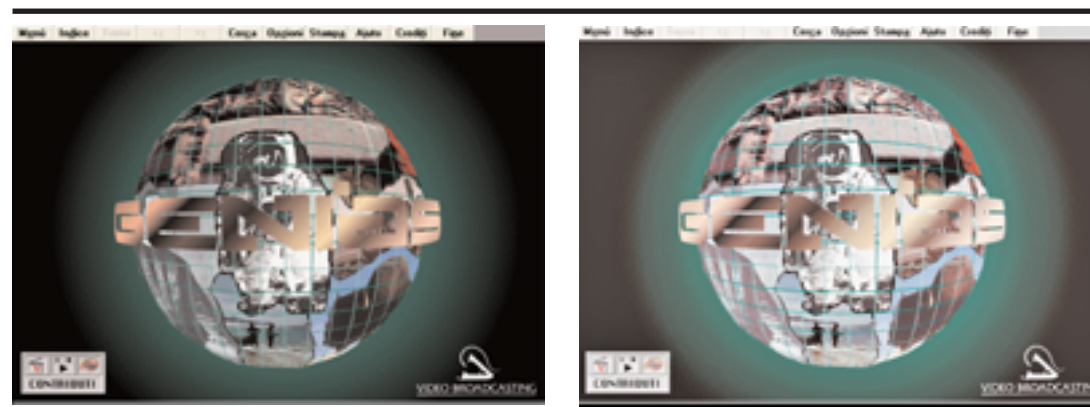


Fig. 11, 12 - ACE fa risaltare i difetti della texture dell'immagine a sinistra

Alessandro Rizzi  
Carlo Gatta  
Francesco Taraschi  
Massimo Zanardini  
Marco Abbrati

Un algoritmo per la valutazione percettiva  
delle interfacce visuali

Alessandro Rizzi  
Carlo Gatta  
Francesco Taraschi  
Massimo Zanardini  
Marco Abbrati

Un algoritmo per la valutazione percettiva delle interfacce visuali

vengono enfatizzati i "gradini" cromatici dello sfondo dovuti ad uno shading a bassa profondità colore. ACE è inoltre in grado di prevedere configurazioni illusorie, come nell'esempio di Fig. 13.

contrasto di simultaneità [1,2] Come si può notare dal risultato di ACE, i tre quadrati arancio hanno cambiato il loro colore, evidenziando così la configurazione illusoria.

## ➤ Conclusioni e sviluppi futuri

In questo lavoro abbiamo suggerito l'uso di un algoritmo di equalizzazione cromatica come validatore di interfacce. L'applicazione di tale algoritmo permette infatti di migliorare il contrasto, la configurazione cromatica e di conseguenza l'apparenza finale dell'interfaccia. Lo stesso algoritmo è risultato utile per visualizzare problemi di rumore di fondo e di prevedere casi di configurazioni illusorie. I dati ottenuti attraverso la compilazione del questionario hanno permesso alcune osservazioni e alcune ipotesi interpretative sulla funzionalità dell'applicazione di un modello computazionale di percezione cromatica alle interfacce, riportate nella sezione precedente. Riteniamo che spesso la preferenza di un'interfaccia rispetto ad un'altra modificata nella luminosità e nella combinazione di colori sia stata una scelta legata al gusto e alle abitudini dell'utente. In questo studio preliminare non abbiamo, però, approfondito queste aspetti, nè abbiamo dato risposte conclusive a talune ipotesi. Questi test preliminari hanno permesso di avere un'idea di massima su in quali casi e con che tipo di interfacce l'uso di questo algoritmo può risultare utile. Vorremmo concludere ricordando che questo è solo un lavoro preliminare, ulteriori ricerche sono già in corso per approfondire alcuni degli aspetti presentati in questo articolo.



Fig. 11, 12 - ACE fa risaltare i difetti della texture dell'immagine a sinistra

Nell'originale in alto, i tre quadrati arancioni hanno lo stesso valore cromatico, ma in seguito alla loro posizione relativa rispetto al resto dell'immagine, vengono percepiti in modo leggermente diverso. E' un esempio applicato del classico fenomeno del

## ↳ Bibliografia

<sup>[1]</sup> A. Rizzi, C. Gatta, D. Marini, "A New Algorithm for Unsupervised Global and Local Color Correction", in pubblicazione su Pattern Recognition Letters

<sup>[2]</sup> A. Rizzi, C. Gatta, D. Marini "Color Correction between Gray World and White Patch", Electronic Imaging 2002, 20-25/01/02, S. Josè, California (USA).

<sup>[3]</sup> C. Gatta, A. Rizzi, D. Marini, "ACE: an Automatic Color Equalization algorithm" CGIV02 the First European Conference on Color in Graphics Image and Vision, 2-5/4/2002, Poitiers (France).

<sup>[4]</sup> D. Marini, A. Rizzi, C. Gatta, "Digital Color Images and Local Color Correction" Optics in Computing, 14-17 Oct. 2002, St.Petersburg.

<sup>[5]</sup> C. Gatta, A. Rizzi, D. Marini, "ACE: equalizzazione cromatica per algoritmi di computer vision", AI\*IA 2002, Siena, settembre 2002.

<sup>[6]</sup> <http://saturn.media.dsi.unimi.it/~marini/CGIV02/ace.html>

<sup>[7]</sup> A. Rizzi, C. Gatta, "A Local Linear LUT method for increasing the speed of generic image filtering algorithms", Note del Polo - Ricerca N.43, Rapporto Interno, Università di Milano, Polo di Ricerca di Crema, luglio 2002.

## ↳ Alessandro Rizzi

Laureato in Scienze dell'Informazione e Dottore di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, è ricercatore all'Università di Milano, Dipartimento di Tecnologia dell'Informazione presso il Polo di Ricerca di Crema.

Già docente di Sistemi Informativi, Linguaggi di Programmazione, Informatica Grafica e Laboratorio di Comunicazione Visiva I, attualmente insegna Editoria Multimediale e Interazione Uomo-Macchina.

Svolge dal 1990 ricerca su colore, visione artificiale, elaborazione e sintesi di immagini. E' autore di oltre 70 pubblicazioni scientifiche.

## ↳ Carlo Gatta

Dal 2001 si occupa di vari argomenti di ricerca in diversi ambiti fra cui la percezione cromatica da parte del Sistema Visivo Umano e l'interazione uomo-macchina collaborando con un gruppo di ricerca dell'Università degli Studi di Milano. Attualmente sta seguendo il corso di Dottorato in Informatica dell'Università degli Studi di Milano. E' stato codocente del corso di "Comunicazione visiva" del Politecnico di Milano - Sede di Como.

## ↳ Marco Abbiati

Laureando al Polo Didattico e di Ricerca di Crema in Tecnologie per la Società dell'Informazione e Informatica, si è occupati di modelli di visione

all'interno dell'esame di Interazione Uomo Macchina.

## ↳ Francesco Taraschi

Laureando al Polo Didattico e di Ricerca di Crema in Tecnologie per la Società dell'Informazione e Informatica, si è occupati di modelli di visione all'interno dell'esame di Interazione Uomo Macchina.

## ↳ Massimo Zanardini

Laureando al Polo Didattico e di Ricerca di Crema in Tecnologie per la Società dell'Informazione e Informatica, si è occupati di modelli di visione all'interno dell'esame di Interazione Uomo Macchina.

Alessandro Rizzi  
Carlo Gatta  
Francesco Taraschi  
Massimo Zanardini  
Marco Abbiati



Un algoritmo per la valutazione percettiva  
delle interfacce visuali