

¹Anna J. Berolo
beroloanna@gmail.com
²Desirée Sabatini
¹Cristian Bonanomi
cristian.bonanomi@unimi.it
¹Daide Gadia
davide.gadia@unimi.it
¹Daniele Marini
daniele.marini@unimi.it
¹Alessandro Rizzi
alessandro.rizzi@unimi.it

¹Dipartimento di Informatica
Università degli Studi di Milano
²Centro Teatro di Ateneo
Sapienza Università di Roma

Il restauro del colore digitale: un approccio basato sull'apparenza

ABSTRACT

In questo articolo presentiamo un approccio quasi-non supervisionato al restauro digitale del colore nei film, ispirato a meccanismi di percezione visiva. Il metodo presentato utilizza uno Spatial Color Algorithm [1] per restaurare l'apparenza del colore piuttosto che il colore fisico. Il lavoro presenta anche due esempi di restauro basati su questo approccio.

1. INTRODUZIONE

"Tra cinquecento o mille anni si studierà il primo secolo del cinema in ogni suo aspetto, se ne vedranno e rivedranno i film. Quando le future generazioni si domanderanno incredule perché "loro" hanno permesso che così tanto andasse distrutto, quel "loro" siamo "noi". Salvare il primo secolo del cinema è il nostro grande compito" [Martin Scorsese, 1994].

Dalla sua invenzione, verso la fine dell'ottocento, il cinema è diventato la più importante manifestazione di cultura popolare, divenendo di fatto, insieme ai libri, la nostra memoria storica e culturale. Tuttavia, circa l'80% della produzione cinematografica tra gli anni 1910-1920 è andato perduto. Da qui la necessità etica e morale di conservare e restaurare quelle immagini che rappresentano la nostra memoria sociale.

Tutte le tipologie di pellicole a colori, anche le più recenti, sono soggette all'invecchiamento dei coloranti organici contenuti nell'emulsione. È un processo naturale e consiste in un disequilibrio dei valori cromatici e una perdita del contrasto. Gli effetti percettivi del decadimento si traducono nella comparsa di una alterazione cromatica predominante, una perdita di contrasto e una desaturazione delle tinte.

Numerose procedure di restauro sono state proposte, ma tutte prevedono la riproduzione dei colori solo per approssimazione, e questo per l'impossibilità di ricreare i materiali d'epoca.

Il restauro classico della distorsione cromatica introdotta dal degrado degli strati fotosensibili della pellicola avviene per lo più mediante l'utilizzo di strumenti fotochimici. Questi interventi di restauro richiedono molta supervisione umana e un costante controllo del lavoro, il tutto ad un costo molto elevato.

Il restauro digitale del colore si propone come una tecnica alternativa e innovativa rispetto al restauro chimico. Le tecniche digitali consentono, con costi nettamente inferiori, di rimuovere la dominante cromatica, equalizzare

l'istogramma espandendo il range dinamico e ravvivare i colori desaturati di un'immagine, il tutto senza una costante supervisione da parte di personale qualificato.

In questo articolo presentiamo un approccio alternativo al classico restauro digitale del colore, basato sull'idea di recuperare l'apparenza del colore piuttosto che il segnale originale. Nel seguito descriviamo i passi necessari per il restauro digitale e uno strumento software progettato per questo scopo. Infine mostreremo alcuni risultati ottenuti tramite questa tecnica.

2. LE FASI DEL RESTAURO DIGITALE

Si distinguono due macro fasi nel restauro digitale. La prima è composta dallo studio effettivo dell'opera da un punto di vista storico, e da un'analisi tecnica per individuare le azioni necessarie per il recupero delle informazioni cromatiche e della dinamica.

La seconda fase è mirata all'utilizzo di tools digitali per il restauro vero e proprio.

2.1 SUDDIVISIONE IN SCENE

Una fase preliminare al restauro digitale, prevede la suddivisione dell'opera in scene, che andranno poi analizzate ed elaborate separatamente.

La suddivisione delle scene presenti nell'opera è fatta inizialmente in maniera manuale, tenendo conto delle variazioni spatio-temporali; successivamente le scene sono valutate e su di esse è fatta una ulteriore suddivisione in base alle variazioni di sfondo e dei soggetti presenti nella scena. Una ulteriore suddivisione è effettuata in presenza di dissolvenze fade-in e fade-out.

2.2 KEY FRAME

Una fase preliminare al restauro digitale, prevede la suddivisione dell'opera in scene, che andranno poi analizzate ed elaborate separatamente.

La suddivisione delle scene presenti nell'opera è fatta inizialmente in maniera manuale, tenendo conto delle variazioni spazio-temporali; successivamente le scene sono valutate e su di esse è fatta una ulteriore suddivisione in base alle variazioni di sfondo e dei soggetti presenti nella scena. Una ulteriore suddivisione è effettuata in presenza di dissolvenze fade-in e fade-out.

2.3 SUPPORTO STORICO

Durante il restauro digitale di una pellicola cinematografica a colori è facile riscontrare errori dovuti alla mancanza di informazione dell'ambientazione dei soggetti filmati, sia che si tratti di live action o animazione.

Per questo motivo, quando si effettua un lavoro di restauro dell'apparenza del colore e della dinamica, si procede preliminarmente con una ricerca e uno studio della pellicola, delle componenti della scena, e dell'eventuale materiale di supporto: collocazione spazio-temporale, soggetti, ricerca di altro girato o di altri supporti, ecc.

In uno degli esempi presentati in questo articolo (*La Lunga Calza Verde*), è subentrata la necessità di consultare l'archivio storico della Fondazione Luigi Micheletti, proprietaria insieme all'istituto Luce della pellicola originale del cortometraggio, nello specifico la presa in visione, coadiuvati dal responsabile dell'archivio Daniele Mor, dei rodovetri originali.

Purtroppo anche i rodovetri presentavano l'inesorabile degrado del tempo, ma è stato comunque fondamentale consultarli per avere indicazioni sul risultato a cui indirizzare il processo di restauro digitale.

2.4 ACEforFilm

Purtroppo, in molti casi non è possibile avere informazioni esatte sul colore originale dei frame, a causa di un degrado troppo avanzato, e di mancanza di altro materiale di supporto che permetta di avere informazioni più precise.

Un suggerimento alternativo al restauro esatto del colore è stato proposto da E. Gombrich [2], che evidenzia l'importanza del recupero della percezione dell'opera, non solo dell'informazione cromatica.

L'approccio adottato nella nostra pipeline di restauro digitale si basa quindi sul recupero dell'apparenza cromatica della scena, piuttosto che su una stima arbitraria dei colori originali.

A tal fine abbiamo utilizzato come strumento per il restauro digitale una tecnica appartenente alla famiglia degli Spatial Color Algorithms (SCA). Questo tipo di algoritmi elaborano ogni pixel dell'immagine sulla base dell'informazione contenuta negli altri pixel, applicando trasformazioni che si basano quindi sul contesto

della scena, in maniera simile ad alcuni meccanismi tipici della percezione visiva, quali la costanza cromatica.

Inoltre, questo tipo di algoritmi lavora in maniera quasi-non supervisionata, sulla base dell'impostazione di pochi parametri iniziali.

In particolare è stata utilizzata una variante dell'algoritmo ACE (Automatic Color Equalization) [3,4]. La principale caratteristica di ACE è la correzione cromatica data-driven: l'algoritmo è in grado di correggere dominanti cromatiche non conosciute a priori e di eseguire un'estensione del contrasto e del range dinamico dell'immagine.

La variante utilizzata per il restauro digitale, chiamata ACEforFilm [5], presenta inoltre una serie di funzioni che permettono di ottenere naturalezza nelle immagini restaurate e preservare la forma dell'istogramma originale in numerose situazioni di degrado avanzato. Queste opzioni sono state introdotte per evitare che l'algoritmo cambi precise scelte artistiche del regista.

L'opzione Keep Original Gray (KOG) "forza" l'elaborazione dei canali cromatici intorno al grigio medio: in questo modo i valori medi originali (indipendentemente sui canali R, G, B) sono preservati. Il risultato è un istogramma con una forma più simile all'originale. Questa funzione è utile per mantenere le sequenze di dissolvenza fade-in e fade-out.

L'opzione Keep Original color Cast (KOC) evita la rimozione della dominante di colore, che potrebbe essere stata introdotta per intenti artistici, e modifica solo il range dinamico.

Infine, l'opzione Keep Original Dynamic Range (KODR) serve eventualmente per rispettare le intenzioni originali del regista di non usare l'intero range dinamico della pellicola e ottenere particolari effetti visivi come immagini in chiave alta o chiave bassa.

3. ESEMPI DI RESTAURO

Di seguito mostriamo due esempi di restauro ottenuti grazie all'applicazione di ACEforFilm. Nel primo caso si tratta di un film live action, nel secondo di un film d'animazione.

3.1 IL RACCONTO DELLA STURA

Il primo esempio riguarda il restauro digitale dell'apparenza del colore del cortometraggio *"Il racconto della Stura"* [6], un documentario di 8 minuti e 51 secondi di Ermanno Olmi, filmato nel 1955, che documenta la costruzione di un impianto idroelettrico dell'Enel nella val di Stura di Demonte (CN). Il documentario è stato gentilmente fornito dall'Archivio Nazionale Cinema d'Impresa di Ivrea.

L'analisi dei frame originali rivela una dominante di colore magenta non uniforme (Figura 1 a

Figura 1 - A sinistra: frame originale digitalizzato numero 3287 de " Il racconto della Stura". A destra: esempio di restauro del frame usando AceforFilm.

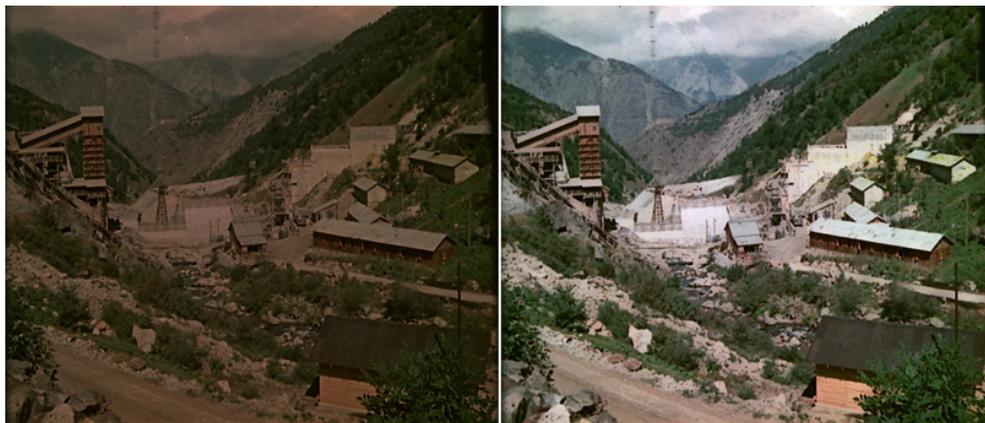


Figura 2 - Istogrammi dei canali RGB del frame originale de "Il racconto della Stura".

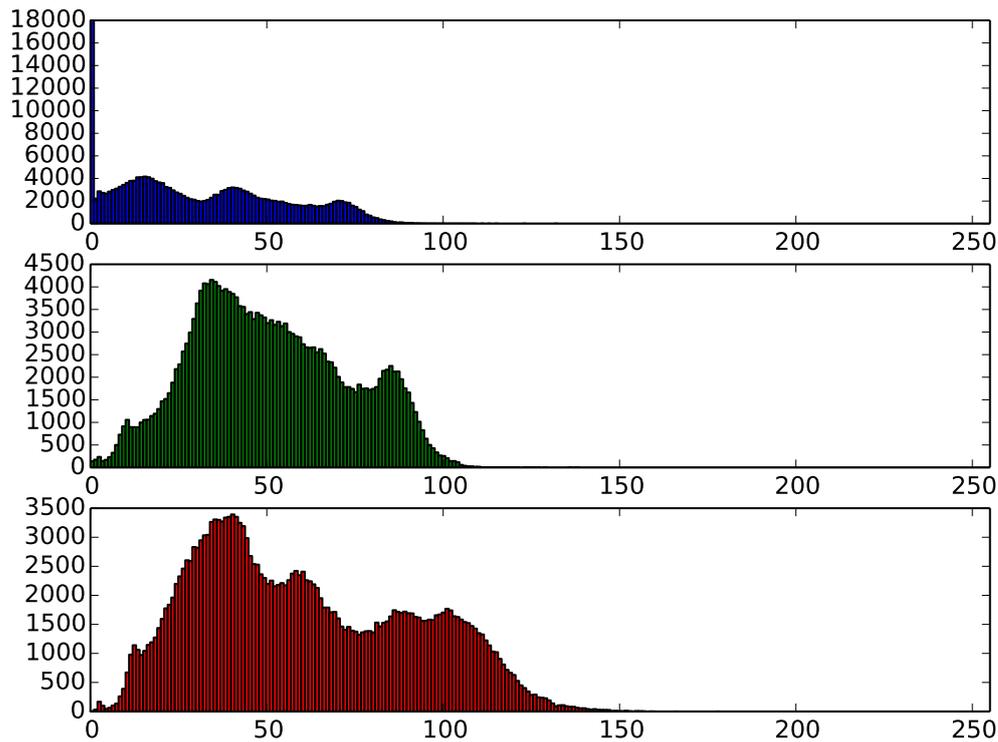
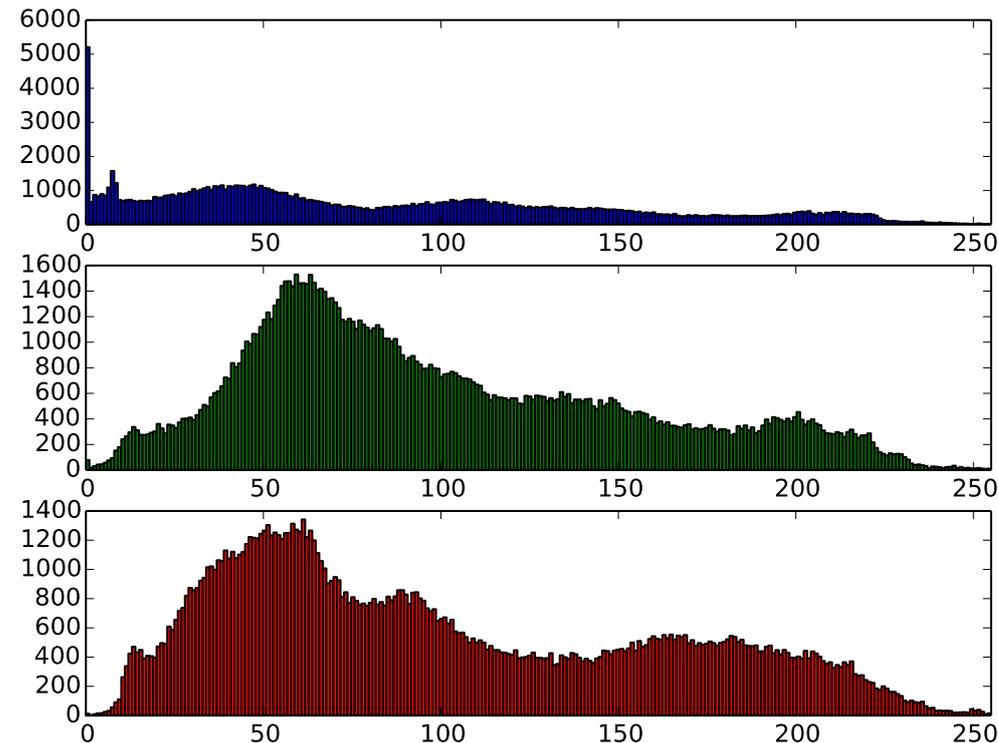


Figura 3 - Istogrammi dei canali RGB del frame restaurato.



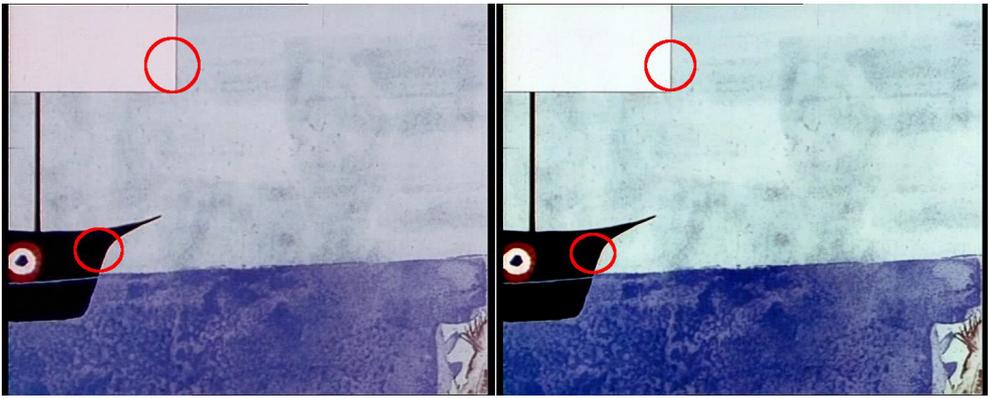


Figura 4 - A sinistra: frame originale digitalizzato numero 322 de "La lunga calza verde". A destra: esempio di restauro del frame usando AceforFilm.

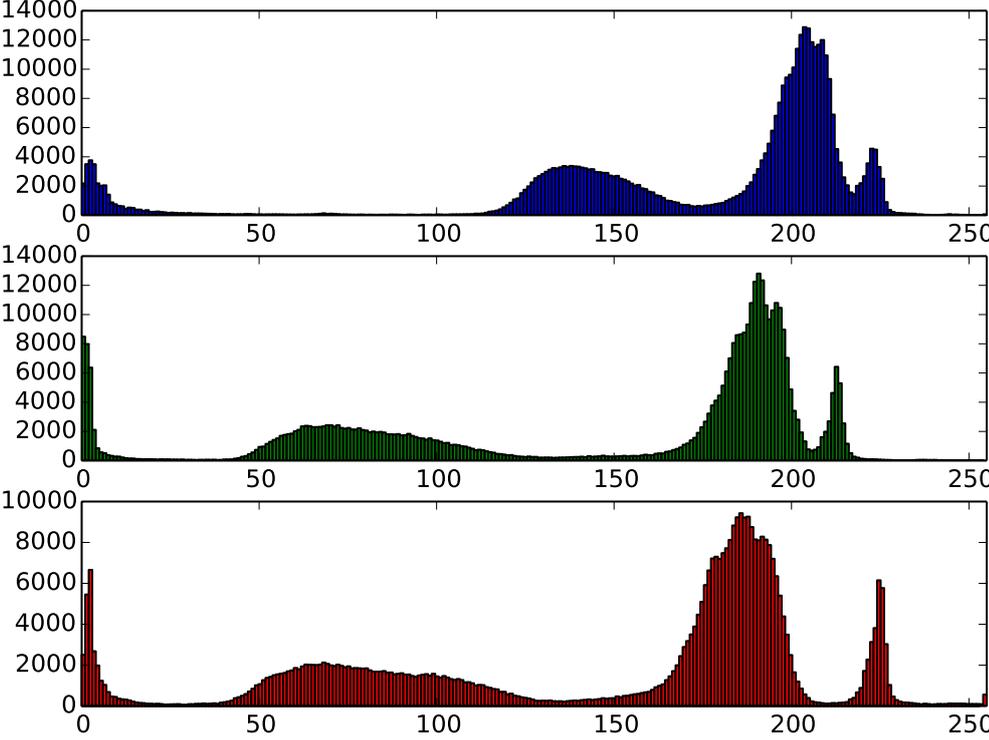


Figura 5 - Istogramma del frame originale de "La lunga calza verde".

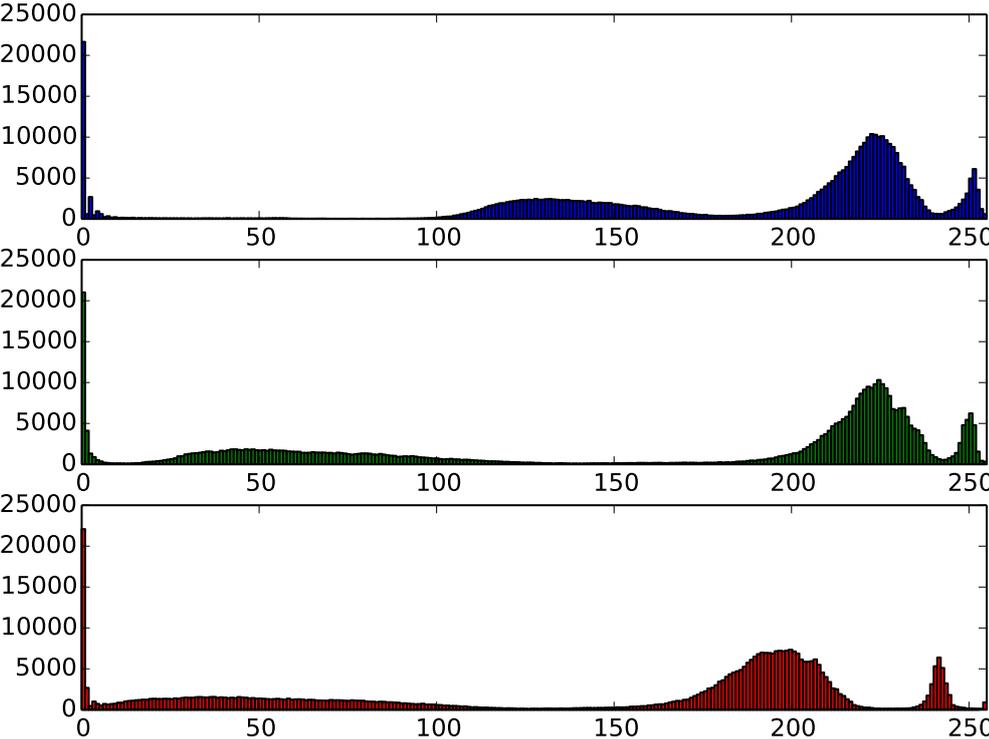


Figura 6 - Istogramma del frame restaurato.

sinistra, relativi istogrammi dei canali RGB in Figura 2). Come si può osservare nella figura 1 a destra, il filtraggio con ACEforFilm permette la rimozione della dominante, espande il range dinamico e aumenta il contrasto. In figura 3 viene mostrato l'effetto dell'algoritmo sugli istogrammi dei canali RGB dell'immagine.

3.2 LA LUNGA CALZA VERDE

Il secondo esempio riguarda il cortometraggio d'animazione *"La lunga calza verde"* [7]. Quest'opera è stata realizzata nel 1961 per la regia di Roberto Gavioli, sceneggiatura di Cesare Zavattini e disegni di Paolo Piffarero, produzione Gamma Film e Istituto Luce. Il cortometraggio è stato gentilmente concesso in formato digitale dalla Fondazione Luigi Micheletti di Brescia.

Il materiale sul quale si è lavorato era una copia riversata su DVD con una risoluzione standard PAL 720 x 576 .

L'analisi iniziale del materiale ha evidenziato una notevole desaturazione del colore e una presenza di dominante su numerosi frame (figura 4 a sinistra, relativi istogrammi dei canali RGB in figura 5). Unico supporto per la comparazione erano i rodovetri originali ma anch'essi per la natura del supporto e dei coloranti avevano subito un notevole degrado.

In figura 4 a destra viene mostrato un esempio di restauro utilizzando ACEforFilm, con i relativi istogrammi in figura 6. Come si può notare, anche in questo caso l'applicazione dell'algoritmo permette di recuperare il range dinamico, aumentando inoltre la saturazione dei colori.

Il restauro di questo cortometraggio è stato realizzato in collaborazione con gli studenti del laboratorio di *"Restauro digitale dell'immagine digitale"* dall'Università la Sapienza, guidati da Anna Berolo e dalla coordinatrice del corso Desirée Sabatini.

3.3 POST-ELABORAZIONE E COERENZA FINALE

Dato che il degrado nelle pellicole non è costante, il decadimento dei coloranti organici segue il medesimo andamento. Nei casi in cui la percentuale di alterazione è troppo elevata, è comunque necessario a volte, dopo l'applicazione della tecnica di restauro digitale, intervenire comunque manualmente su alcuni frame con tecniche di fotoritocco.

Quest'ultima fase è necessaria a volte anche prima del montaggio finale dei frame restaurati, per controllare la coerenza dei frame adiacenti tra le scene.

Pertanto è fatta una ulteriore revisione per controllare e correggere la continuità nella luminosità, nel contrasto e nel colore tra le scene adiacenti , in particolare modo tra quelle scene dove non era presente una variazione spazio-

temporale, al fine di evitare effetti di flickering.

4. CONCLUSIONI

Abbiamo mostrato in questo articolo un approccio differente al restauro digitale del colore dei film, ispirato da principi di apparenza del colore. Si è inoltre mostrata la flessibilità e l'efficacia di ACEforFilm per realizzare un restauro del colore quasi-non supervisionato, sia su un film live che d'animazione. Grazie all'applicazione di ACEforFilm è infatti possibile operare sulla rimozione di dominanti del colore, equalizzare dell'istogramma, controllare il range dinamico e il contrasto globale e locale, e aumentare la saturazione.

BIBLIOGRAFIA

[1] A. Rizzi and J. McCann, "On the behavior of spatial models of color," in Proc. of Electronic Imaging 2007, S. Jose, California (USA), 2007.

[2] E.Gombrich, *Arte e illusione. Studio sulla psicologia della rappresentazione pittorica.* Einaudi, 1960.

[3] A. Rizzi, C. Gatta, D. Marini, "A New Algorithm for Unsupervised Global and Local Color Correction", *Pattern Recognition Letters*, Vol 24 (11), pp. 1663-1677, Luglio 2003.

[4] A. Rizzi, C. Gatta, D. Marini, "From Retinex to Automatic Color Equalization: issues in developing a new algorithm for unsupervised color equalization", *Journal of Electronic Imaging*, Vol. 13, No. 1, January 2004, pp. 75-84.

[5] A. Rizzi, M. Chambah, "Perceptual Color Film Restoration" *SMPTE Motion Imaging Journal (Society of Motion Picture and Television Engineers)*, Vol. 19, No 8, pp. 33-41, Nov-Dec, (2010).

[6] R. Bonisoli and A. Rizzi, "Restauro digitale del colore: il caso de il racconto della Stura," *Atti della II Conferenza nazionale del Gruppo del Colore (SIOF)*, Milan (Italia), 2006.

[7] A. Berolo, S. Brivio, D. Sabatini, and A. Rizzi, "Il restauro del colore de la lunga calza verde," *Atti della VIII Conferenza nazionale del Gruppo del Colore*, Bologna (Italia), 2012.