



ISBN 978 3 902842 38 1

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE  
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION  
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

# TECHNICAL REPORT

## METHODS FOR EVALUATING COLOUR DIFFERENCES IN IMAGES

**CIE 199:2011**

---

UDC: 535.65.083.6  
681.7.014  
535.66

Descriptor: Colour difference methods  
Image processing  
Colorimetry

## **THE INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION**

The International Commission on Illumination (CIE) is an organisation devoted to international co-operation and exchange of information among its member countries on all matters relating to the art and science of lighting. Its membership consists of the National Committees in about 40 countries.

The objectives of the CIE are:

1. To provide an international forum for the discussion of all matters relating to the science, technology and art in the fields of light and lighting and for the interchange of information in these fields between countries.
2. To develop basic standards and procedures of metrology in the fields of light and lighting.
3. To provide guidance in the application of principles and procedures in the development of international and national standards in the fields of light and lighting.
4. To prepare and publish standards, reports and other publications concerned with all matters relating to the science, technology and art in the fields of light and lighting.
5. To maintain liaison and technical interaction with other international organisations concerned with matters related to the science, technology, standardisation and art in the fields of light and lighting.

The work of the CIE is carried on by seven Divisions each with about 20 Technical Committees. This work covers subjects ranging from fundamental matters to all types of lighting applications. The standards and technical reports developed by these international Divisions of the CIE are accepted throughout the world.

A plenary session is held every four years at which the work of the Divisions and Technical Committees is reviewed, reported and plans are made for the future. The CIE is recognised as the authority on all aspects of light and lighting. As such it occupies an important position among international organisations.

## **LA COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE**

La Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) est une organisation qui se donne pour but la coopération internationale et l'échange d'informations entre les Pays membres sur toutes les questions relatives à l'art et à la science de l'éclairage. Elle est composée de Comités Nationaux représentant environ 40 pays.

Les objectifs de la CIE sont :

1. De constituer un centre d'étude international pour toute matière relevant de la science, de la technologie et de l'art de la lumière et de l'éclairage et pour l'échange entre pays d'informations dans ces domaines.
2. D'élaborer des normes et des méthodes de base pour la métrologie dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
3. De donner des directives pour l'application des principes et des méthodes d'élaboration de normes internationales et nationales dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
4. De préparer et publier des normes, rapports et autres textes, concernant toutes matières relatives à la science, la technologie et l'art dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
5. De maintenir une liaison et une collaboration technique avec les autres organisations internationales concernées par des sujets relatifs à la science, la technologie, la normalisation et l'art dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.

Les travaux de la CIE sont effectués par 7 Divisions, ayant chacune environ 20 Comités Techniques. Les sujets d'études s'étendent des questions fondamentales, à tous les types d'applications de l'éclairage. Les normes et les rapports techniques élaborés par ces Divisions Internationales de la CIE sont reconnus dans le monde entier.

Tous les quatre ans, une Session plénière passe en revue le travail des Divisions et des Comités Techniques, en fait rapport et établit les projets de travaux pour l'avenir. La CIE est reconnue comme la plus haute autorité en ce qui concerne tous les aspects de la lumière et de l'éclairage. Elle occupe comme telle une position importante parmi les organisations internationales.

## **DIE INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION**

Die Internationale Beleuchtungskommission (CIE) ist eine Organisation, die sich der internationalen Zusammenarbeit und dem Austausch von Informationen zwischen ihren Mitgliedsländern bezüglich der Kunst und Wissenschaft der Lichttechnik widmet. Die Mitgliedschaft besteht aus den Nationalen Komitees in rund 40 Ländern.

Die Ziele der CIE sind :

1. Ein internationaler Mittelpunkt für Diskussionen aller Fragen auf dem Gebiet der Wissenschaft, Technik und Kunst der Lichttechnik und für den Informationsaustausch auf diesen Gebieten zwischen den einzelnen Ländern zu sein.
2. Grundnormen und Verfahren der Messtechnik auf dem Gebiet der Lichttechnik zu entwickeln.
3. Richtlinien für die Anwendung von Prinzipien und Vorgängen in der Entwicklung internationaler und nationaler Normen auf dem Gebiet der Lichttechnik zu erstellen.
4. Normen, Berichte und andere Publikationen zu erstellen und zu veröffentlichen, die alle Fragen auf dem Gebiet der Wissenschaft, Technik und Kunst der Lichttechnik betreffen.
5. Liaison und technische Zusammenarbeit mit anderen internationalen Organisationen zu unterhalten, die mit Fragen der Wissenschaft, Technik, Normung und Kunst auf dem Gebiet der Lichttechnik zu tun haben.

Die Arbeit der CIE wird in 7 Divisionen, jede mit etwa 20 Technischen Komitees, geleistet. Diese Arbeit betrifft Gebiete mit grundlegendem Inhalt bis zu allen Arten der Lichtanwendung. Die Normen und Technischen Berichte, die von diesen international zusammengesetzten Divisionen ausgearbeitet werden, sind von der ganzen Welt anerkannt.

Alle vier Jahre findet eine Session statt, in der die Arbeiten der Divisionen überprüft, berichtet und neue Pläne für die Zukunft ausgearbeitet werden. Die CIE wird als höchste Autorität für alle Aspekte des Lichtes und der Beleuchtung angesehen. Auf diese Weise unterhält sie eine bedeutende Stellung unter den internationalen Organisationen.

Published by the

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE  
CIE Central Bureau  
Kegelgasse 27, A-1030 Vienna, AUSTRIA  
Tel: +43(1)714 31 87 0, Fax: +43(1)714 31 87 18  
e-mail: [ciecb@cie.co.at](mailto:ciecb@cie.co.at)  
WWW: <http://www.cie.co.at/>

© CIE 2011 - All rights reserved



ISBN 978 3 902842 38 1

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE  
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION  
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

# TECHNICAL REPORT

## METHODS FOR EVALUATING COLOUR DIFFERENCES IN IMAGES

**CIE 199:2011**

---

UDC: 535.65.083.6  
681.7.014  
535.66

Descriptor: Colour difference methods  
Image processing  
Colorimetry

This Technical Report has been prepared by CIE Technical Committee 8-02 of Division 8 "Image Technology" and has been approved by the Board of Administration of the Commission Internationale de l'Eclairage for study and application. The document reports on current knowledge and experience within the specific field of light and lighting described, and is intended to be used by the CIE membership and other interested parties. It should be noted, however, that the status of this document is advisory and not mandatory.

Ce rapport technique a été élaboré par le Comité Technique CIE 8-02 de la Division 8 "Technologie des images" et a été approuvé par le Bureau de la Commission Internationale de l'Eclairage, pour étude et emploi. Le document expose les connaissances et l'expérience actuelles dans le domaine particulier de la lumière et de l'éclairage décrit ici. Il est destiné à être utilisé par les membres de la CIE et par tous les intéressés. Il faut cependant noter que ce document est indicatif et non obligatoire.

Dieser Technische Bericht ist vom Technischen Komitee CIE 8-02 der Division 8 "Bildverarbeitung" ausgearbeitet und vom Vorstand der Commission Internationale de l'Eclairage gebilligt worden. Das Dokument berichtet über den derzeitigen Stand des Wissens und Erfahrung in dem behandelten Gebiet von Licht und Beleuchtung; es ist zur Verwendung durch CIE-Mitglieder und durch andere Interessierte bestimmt. Es sollte jedoch beachtet werden, dass das Dokument eine Empfehlung und keine Vorschrift ist.

Any mention of organisations or products does not imply endorsement by the CIE. Whilst every care has been taken in the compilation of any lists, up to the time of going to press, these may not be comprehensive.

Toute mention d'organisme ou de produit n'implique pas une préférence de la CIE. Malgré le soin apporté à la compilation de tous les documents jusqu'à la mise sous presse, ce travail ne saurait être exhaustif.

Die Erwähnung von Organisationen oder Erzeugnissen bedeutet keine Billigung durch die CIE. Obgleich große Sorgfalt bei der Erstellung von Verzeichnissen bis zum Zeitpunkt der Drucklegung angewendet wurde, ist es möglich, dass diese nicht vollständig sind.

The following members of TC 8-02 "Colour Difference Evaluation in Images" took part in the preparation of this Technical Report. The committee comes under Division 8 "Image Technology".

Members:

Alessi, P.J.	USA
Fairchild, M D.	USA
Fernandez, C.	France
Field, G.G.	USA
Gibson, J.	USA
Hill, B.	Germany
Johnson, G.	USA
<b>Luo, M.R.</b>	<b>United Kingdom (Chair)</b>
McDowell, D.	USA
Mahy, M.	Belgium
Pointer, M.R.	United Kingdom
Stokes, M.	USA
Takemura, K.	Japan
Uroz, J.	Spain
Viggiano, J.A.S.	USA
Yaguchi, H.	Japan

## CONTENTS

Summary .....	VI
Résumé .....	VI
Zusammenfassung .....	VI
1 Introduction .....	1
1.1 Overview .....	1
1.2 Scope .....	1
2 Factors Affecting the Evaluation of Colour Differences for Digital Images .....	1
2.1 Overview .....	1
2.2 Description of Factors .....	1
2.3 Factors Accounted for in these Recommendations .....	2
2.4 Factors Unaccounted for in these Recommendations .....	2
3 Reference Colour Digital Images .....	3
3.1 Overview .....	3
3.2 Targets Based upon Colour Patches .....	4
3.2.1 GretagMacbeth ColorChecker Chart .....	4
3.2.2 GretagMacbeth ColorChecker DC .....	4
3.2.3 GretagMacbeth ColorChecker SG .....	5
3.2.4 ANSI CGATS and ISO TC130 Targets .....	5
3.3 Standard Colour Image Data (SCID) .....	7
3.3.1 CMYK/SCID Images .....	7
3.3.2 XYZ/SCID Images .....	8
3.3.3 CIELAB/SCID Images .....	10
4 Statistical Processing of Colour Differences in Images .....	11
4.1 Overview .....	11
4.2 Non-Gaussian Assumptions .....	12
4.3 Reporting Image Colour-Difference .....	13
5 Instrumental Colour-Difference Methods .....	13
5.1 Overview .....	13
5.2 CIE Colour Appearance Models: CIECAM97s and CIECAM02 .....	13
5.3 Conventional Colour-Difference Formulae .....	14
5.3.1 CIELAB and CIELUV .....	14
5.3.2 CMC(l:c) Colour-Difference Formula .....	14
5.3.3 CIEDE2000 Colour-Difference Formula .....	15
6 Spatial Based Metrics .....	18
6.1 Spatial Contrast Sensitivity .....	18
6.2 Contrast Sensitivity Function .....	19
6.3 S-CIELAB Model .....	20
6.4 S-CIEDE2000 Model .....	21
6.5 Hong and Luo Model .....	21
6.6 X-CIELAB: Extended S-CIELAB Model .....	23
7 Existing Experimental Data .....	24
7.1 Stokes .....	24
7.2 Uroz, Luo and Morovic .....	25
7.3 Song and Luo .....	25
7.4 Gibson, Fairchild and Wright .....	25

7.5	Sano, Song and Luo .....	26
7.6	Imai, Tsumura and Miyake .....	26
8	TC 8-02 Studies and Recommendations.....	26
8.1	Accumulation of Experimental Data .....	27
8.1.1	Image Selection .....	27
8.1.2	Image Rendering .....	28
8.1.3	Psychophysical Experiment .....	30
8.2	Data Analysis .....	30
8.2.1	Determining the Perceptibility Thresholds .....	30
8.2.2	Comparing the Perceptibility Thresholds between Different Studies.....	32
8.2.3	Testing the Performance of Different Colour-Difference Formulae .....	34
8.3	Industrial Trials.....	36
9	TC Recommendations .....	39
10	Conclusion .....	39
	References .....	41

## **METHODS FOR EVALUATING COLOUR DIFFERENCES IN IMAGES**

### **Summary**

This Technical Report is concerned with the evaluation of colour differences between two similar images where the output media and the output viewing conditions are similar for both images. It is based on previously published work by CIE and other experts in this field. The report begins by reviewing the factors affecting the evaluation of these colour differences. Various methodologies are described to evaluate colour differences using both visual and instrumental methods. A series of reference colour digital images are presented. A method for statistically analysing average colour differences is described. All the activities of the Technical Committee in charge of this report are finally summarized, and recommendations are made to apply either CIELAB or CIEDE2000 for evaluating colour differences for a pair of images displayed in the same medium side by side under the same illumination conditions.

## **METHODES D'EVALUATION DES DIFFERENCES DE COULEUR DANS LES IMAGES**

### **Résumé**

Ce rapport technique décrit les facteurs influant sur l'évaluation des différences de couleur entre deux images nommément semblables, entre une scène originale et une reproduction de cette scène, ou au sein d'une image. Il est fondé sur des travaux déjà publiés par la CIE et par d'autres experts dans cette discipline. On décrit différentes procédures pour évaluer les différences de couleur en recourant aussi bien à des méthodes visuelles qu'à des techniques instrumentales. Une série d'images numériques en couleur sont présentées. On décrit une méthode d'analyse statistique des différences de couleur moyennes ainsi que le calcul d'une série d'indices de reproduction des couleurs.

## **METHODEN ZUR BEWERTUNG VON FARBDIFFERENZEN IN BILDERN**

### **Zusammenfassung**

Dieser Technische Bericht beschreibt die Bewertung von Farbunterschieden zwischen zwei ähnlichen Bildern, wobei sich das Reproduktionsmedium und die Betrachtungsbedingungen nicht zu stark unterscheiden. Der Bericht baut auf früheren Veröffentlichungen der CIE und anderer Fachleute in diesem Gebiet auf. Zunächst werden die verschiedenen Einflussgrößen vorgestellt, welche die Ermittlung dieser Farbdifferenzen beeinflussen. So werden verschiedene Vorgehensweisen zur Ermittlung von Farbdifferenzen beschrieben, welche sowohl auf visuellen wie instrumentellen Methoden aufbauen. Als Referenz wird eine Serie von digitalisierten Bildern vorgestellt. Darüber hinaus werden Verfahren zur statistischen Analyse mittlerer Farbdifferenzen angegeben. Alle Aktivitäten des für diesen Bericht verantwortlichen Technischen Komitees werden schließlich zusammengefasst, und es werden Empfehlungen zur Anwendung von CIELAB oder CIEDE2000 für die Ermittlung von Farbdifferenzen zwischen einem Paar von Bildern formuliert, das sich nebeneinander auf einem Medium unter denselben Beleuchtungsbedingungen befindet.