



International Commission on Illumination
Commission Internationale de l'Eclairage
Internationale Beleuchtungskommission

ISBN 978-3-902842-11-4

DOI: 10.25039/TR.230.2019

TECHNICAL REPORT

Validity of Formulae for Predicting Small Colour Differences

CIE 230:2019

UDC: 159.937.51
535.67
612.843.31
535.66

Descriptor: Perception of colour
Colour of objects
Colour vision
Colorimetry

THE INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION

The International Commission on Illumination (CIE) is an organization 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 organizations concerned with matters related to the science, technology, standardization and art in the fields of light and lighting.

The work of the CIE is carried out by Technical Committees, organized in six Divisions. 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 reported and reviewed, and plans are made for the future. The CIE is recognized as the authority on all aspects of light and lighting. As such it occupies an important position among international organizations.

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 Comités Techniques, organisés en six Divisions. 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 BELEUCHUNGSKOMMISSION

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 internationales Forum 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 durch Technische Komitees geleistet, die in sechs Divisionen organisiert sind. Diese Arbeit betrifft Gebiete mit grundlegendem Inhalt bis zu allen Arten der Lichtenwendung. Die Normen und Technischen Berichte, die von diesen international zusammengesetzten Divisionen ausgearbeitet werden, sind auf der ganzen Welt anerkannt.

Alle vier Jahre findet eine Session statt, in der die Arbeiten der Divisionen berichtet und überprüft werden, sowie 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
Babenbergerstrasse 9, A-1010 Vienna, AUSTRIA
Tel: +43(1)714 31 87
e-mail: ciecb@cie.co.at
www.cie.co.at



International Commission on Illumination
Commission Internationale de l'Eclairage
Internationale Beleuchtungskommission

ISBN 978-3-902842-11-4

DOI: 10.25039/TR.230.2019

TECHNICAL REPORT

Validity of Formulae for Predicting Small Colour Differences

CIE 230:2019

UDC: 159.937.51
535.67
612.843.31
535.66

Descriptor: Perception of colour
Colour of objects
Colour vision
Colorimetry

This Technical Report has been prepared by CIE Technical Committee 1-81 of Division 1 "Vision and Colour" and has been approved by the Board of Administration and by Division 1 of the Commission Internationale de l'Eclairage. 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 1-81 de Division 1 "Vision et Couleur" et a été approuvé par le Bureau et Division 1 de la Commission Internationale de l'Eclairage. 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 1-81 der Division 1 "Sehen und Farbe" ausgearbeitet und vom Vorstand sowie Division 1 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 organizations 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, besteht die Möglichkeit, dass diese nicht vollständig sind.

The following members of TC 1-81 “Validity of Formulae for Predicting Small Colour Differences” took part in the preparation of this Technical Report. The committee comes under Division 1 “Colour and Vision”.

Authors:

Richter, K. (Chair)

Bračko, S.

Cui, G.

Luo, M.R.

Melgosa, M.

Seim, T.

Germany

Slovenia

China

United Kingdom

Spain

Norway

CONTENTS

Summary	v
Résumé	v
Zusammenfassung	vi
1 Terms and definitions	1
2 Abbreviations	1
2.1 Colour spaces and colour-difference formulae	1
2.2 Colour-difference datasets	2
3 Introduction	2
3.1 Tested colour-difference formulae	3
3.2 Visual datasets	4
4 Colour-difference computations and results of STRESS analysis	7
4.1 STRESS results for datasets in SCD, TCD, and VTCD groups	7
4.2 Improvements of colour-difference formulae by using the PF correction	13
4.3 Statistical significance of the improvements	15
5 Performance results for subgroups in datasets	16
6 Visual threshold colour difference	18
7 Conclusions	19
Annex A The LABJND colour-difference formula (Contribution by K. Richter)	21
References	23

VALIDITY OF FORMULAE FOR PREDICTING SMALL COLOUR DIFFERENCES

Summary

This document reports on the performance of colour-difference formulae based on the results of experiments to evaluate colour differences visually. The report addresses small colour differences of adjacent colours. Visual responses (ΔV) are compared with calculated colour differences (ΔE) using five colour-difference formulae: CIELAB, CMC, LABJND, CIE94, and CIEDE2000. A power-function (PF) correction is also included. Using the STRESS index, the performances of the colour-difference formulae are tested without and with the PF correction.

In addition to the COM dataset used for the development of CIEDE2000, nine new datasets (with particular emphasis on colour differences below 2 CIELAB units) are included in this study. The datasets can be downloaded from the CIE server. In comparison to the original CIEDE2000 formula with no power-function correction, the CIEDE2000 formula with power-function correction (CIEDE2000_PF) gave the better overall performance. For that reason this report recommends the use of CIEDE2000_PF to predict colour differences within the range 0,0 to 5,0 CIELAB units. The LABJND colour-difference formula with power-function correction (LABJND_PF) gives also good results for visual datasets with average colour differences below 1,0 CIELAB units. The members of TC 1-81 could not agree on a numerical value for the visual threshold colour difference. The members agree that more research and further datasets in addition to the three VTCD datasets used in this report are needed.

EVALUATION DES FORMULES DE PREDICTION DES PETITES DIFFERENCES DE COULEUR

Résumé

Ce document évalue les performances de formules de différence de couleur sur la base de résultats d'expériences d'évaluation visuelle de différences de couleur. Le rapport traite des petites différences de couleur entre couleurs adjacentes. Les réponses visuelles (ΔV) sont comparées aux différences de couleur calculées (ΔE) en utilisant cinq formules de différence de couleur: CIELAB, CMC, LABJND, CIE94 et CIEDE2000. Une correction avec la fonction puissance (PF) est également incluse. Les performances des formules de différence de couleur sont testées à l'aide de l'indice de STRESS avec et sans la correction PF.

En plus de l'ensemble de données COM utilisé pour le développement de CIEDE2000, neuf nouveaux ensemble de données (ayant en particulier des différences de couleur inférieures à 2 unités CIELAB) sont inclus dans cette étude. Les utilisateurs peuvent télécharger les 13 jeux de données depuis le serveur de la CIE. Comparé à la formule originale CIEDE2000 sans correction de la fonction puissance, la formule CIEDE2000 avec correction de la fonction puissance (CIEDE2000_PF) fournit au global les meilleures performances. Pour cette raison, ce rapport recommande l'utilisation de la formule CIEDE2000_PF pour prédire les différences de couleur dans la gamme 0,0 à 5,0 unités CIELAB. La formule de différence de couleur LABJND avec correction de la fonction puissance (LABJND_PF) donne aussi de bons résultats pour des jeux de données avec une différence de couleur moyenne inférieure à 1 unité CIELAB.

Les membres du TC 1-81 ne sont pas parvenus à un accord sur une valeur numérique pour quantifier le seuil visuel de différence de couleur. Les membres ont convenu que davantage de recherches et de données, pour compléter les trois ensembles de données VTCD utilisés dans ce rapport, sont nécessaires.