



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

ISBN 978-3-902842-10-7

TECHNICAL REPORT

Multispectral Image Formats

CIE 223:2017

UDC: 681.7.014
535.66

Descriptor: Image processing
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 seven 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 sept 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 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 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 sieben Divisionen organisiert sind. 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 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 978-3-902842-10-7

TECHNICAL REPORT

Multispectral Image Formats

CIE 223:2017

UDC: 681.7.014
535.66

Descriptor: Image processing
Colorimetry

This Technical Report has been prepared by CIE Technical Committee 8-07 of Division 8 "Image Technology" and has been approved by the Board of Administration as well as by Division 8 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 8-07 de la Division 8 "Technologie des images" et a été approuvé par le Bureau et Division 8 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 8-07 der Division 8 "Bildverarbeitung" ausgearbeitet und vom Vorstand sowie Division 8 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 8-07 "Multispectral imaging" took part in the preparation of this Technical Report. The committee comes under Division 8 "Image Technology".

Authors:

Yamaguchi, M.	Japan	(Chair from 2011)
Hauta-Kasari, M.	Finland	(Chair 2010–2011)
Parkkinen, J.	Malaysia	(Chair 2004–2010)
Herzog, P.	Germany	(Chair 2002–2004)
Derhak, M.	USA	
Hardeberg, J.Y.	Norway	
Helling, S.	Germany	
Hernández-Andrés, J.	Spain	
Hill, B.	Germany	
Hung, P.-C.	Japan	
Imai, F.	USA	
Lenz, R.	Sweden	
Miyake, Y.	Japan	
Morovic, P.	Spain	
Shyu, M.J.	Chinese Taipei	
Vilaseca, M.	Spain	

Advisor:

Simmons, R.	USA
-------------	-----

CONTENTS

Summary	VI
Resume	VI
Zusammenfassung.....	VI
1 Background	1
2 Terms, definitions and abbreviations	1
3 Multispectral image model	3
3.1 Multispectral image applications	3
3.2 Generic model for multispectral imaging systems	3
3.3 Input of multispectral images	4
3.4 Spectral reconstruction.....	4
3.5 Output or display of multispectral image	5
3.6 Workflow model.....	6
4 Encoding of multispectral images	7
5 Requirements for multispectral image formats	10
6 Candidate formats	11
6.1 JPEG 2000	12
6.2 Spectral Binary file format	14
6.3 Natural Vision.....	15
6.4 Multispectral image file format AIX	18
7 Examples	19
7.1 Ten-band multispectral filter-wheel camera and colour or spectral reproduction	19
7.2 120-band spectral line camera for spectral analysis and object detection	20
7.3 Six-band video camera for natural colour imaging, narrow band imaging, and real-time enhancement.....	21
8 Summary and comparisons.....	23
8.1 Comparison of the formats presented in this report	23
8.2 Other formats	24
8.3 Metadata	26
Annex A Spectral Binary File Format (.SPB) Specification	27
Annex B Natural Vision Multispectral Image Metadata Format, XML Schema (NVXML), Specification.....	28
B.1 Introduction	28
B.1.1 Scope of this specification	28
B.1.2 Overview of the metadata format	29
B.2 The root object "Nvision"	29
B.2.1 The XML schema definition of "Nvision".....	29
B.2.2 Example of the "Nvision"	30
B.3 "NvisionImage" object	30
B.3.1 "ImageCreateInfo" element.....	30
B.3.2 "ImageInfo" element	31
B.3.3 The XML schema definition of "NvisionImage" object.....	32
B.3.4 Example of "NvisionImage".....	33
B.4 "NvisionInput" object	33
B.4.1 "InputDevInfo" element.....	34

B.4.2	"InputDevData" element.....	34
B.4.4	"InputIllu" element	37
B.4.5	"SubjectSpecMatrix" element.....	38
B.4.6	The XML schema definition of "NvisionInput" object	39
B.4.7	Example of "NvisionInput"	41
B.5	"NvisionConversion" object.....	44
B.5.1	"ColorConvData" element	44
B.5.2	"RenderingIllu" element	46
B.5.3	"CMFData" element	47
B.5.4	The XML schema definition of "NvisionConversion" object.....	48
B.5.5	Example of "NvisionConversion"	50
B.6	Definition of basic data types.....	51
B.6.1	ArrayOfFloat Type	51
B.6.2	The XML schema definition of basic data types	51
B.7	Implementation to JPEG 2000	52
Annex C	Multispectral Image File Format AIX	53
C.1	Introduction	53
C.2	Basic Structure.....	54
C.2.1	Header	54
C.2.2	Tag Table	55
C.2.3	Tags.....	55
C.3	Examples	58
References	59

MULTISPECTRAL IMAGE FORMATS

Summary

This technical report describes the basic model of multispectral imaging technology followed by the requirements and the examples of multispectral image formats suitable for colour imaging applications. Four example formats are introduced and compared in typical use cases: JPEG 2000, Spectral Binary File Format, Natural Vision, and multispectral image file format AIX. The specifications of those formats except for JPEG 2000 are provided in the Annex.

FORMATS DES IMAGES MULTISPECTRALES

Resume

Ce rapport technique décrit les bases technologiques en imagerie multispectrale puis donne les exigences et des exemples en termes de formats appropriés d'images multispectrales pour des applications en imagerie couleur. Quatre exemples de formats – JPEG 2000, le format de fichier spectral binaire, Vision Naturelle et le format d'image multispectrale AIX - sont introduits et comparés dans des cas typiques d'utilisation. Les spécifications de ces formats, à l'exception de JPEG 2000, sont fournis en annexe.

FORMATE FÜR MULTISPEKTRALE BILDER

Zusammenfassung

Dieser technische Bericht beschreibt das grundlegende Modell der Multispektraltechnik und die daraus resultierenden Anforderungen an multispektrale Bildformate für Anwendungen in der Farbbildtechnik. Es werden vier geeignete Bildformate eingeführt: JPEG 2000, Spectral Binary Format, Natural Vision und das Multispektralformat AIX. Diese vier Formate werden anhand typischer Anwendungsfälle miteinander verglichen. Die Spezifikationen von Spectral Binary Format, Natural Vision und AIX sind im Anhang gegeben.

1 Background

Increasingly, colour imaging is being done with cameras capable of capturing more than three channels or bands. With its focus on promoting colour science, CIE Division 8 "Image Technology" established a technical committee on "Multispectral Image Formats" to address issues related to such imaging.

For the purposes of this discussion, a multispectral image will be considered to be an image with more than three channels or bands of wavelengths. The visible wavelength range is the main concern, but the spectral channels may include bands in the ultraviolet or infrared. The term hyperspectral image is sometimes used, and a hyperspectral image is usually considered as having more channels (for example, more than 50) than a multispectral image. A hyperspectral image is often thought to be one that allows an almost continuous spectrum to be obtained without wavelength interpolation, but a continuous spectrum in each pixel can often be reconstructed from a multispectral image, as described in 3.4. However, the boundary between multispectral and hyperspectral is not accurately defined, so, in this technical report, multispectral and hyperspectral images are not distinguished and the term "multispectral" is used for simplicity. Furthermore, the term "spectral image" refers to a multispectral image, a hyperspectral image, or an image with reconstructed continuous spectra. This document deals with two-dimensional (planar) multispectral images only.

Spectral imaging is found in many applications including medical imaging, document preservation, fashion design, automobile manufacturing, recycling, science, and remote sensing. It is desirable to have a common format that can be used to share spectral images between various users. Candidate formats include those already standardized by other organizations as well as native formats that are currently used by a very select group of individuals or organizations.

The scope of this report includes the study, development, and recommendation of encoding techniques and data formats for the exchange of multispectral images, as well as testing and evaluation.

2 Terms, definitions and abbreviations

For the purposes of this document, the terms, definitions and abbreviated terms given in CIE S 017/E:2011 and the following apply.

2.1

lossless compression

method of data compression that permits reconstruction of the original data exactly, bit-for-bit

[SOURCE: ISO/IEC 15948:2004]

2.2

lossy compression

method of data compression that permits reconstruction of the original data approximately, rather than exactly

[SOURCE: ISO/IEC 15948:2004]

2.3

LUT

look-up table

collection of values used for translating data samples from one value to another, in which the run-time computation of arbitrary transformation is replaced with the table reference of pre-calculated values

2.4

LZW

Lempel–Ziv–Welch

name of a lossless data compression algorithm