การปรับปรุงภาพดิจิทัลด้วย iCAM

นางสาว ภารดี เจตสมานพันธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-14-1908-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DIGITAL IMAGE ENHANCEMENT USING iCAM

Miss Paradee Jetsamanpunt

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Imaging Technology

Department of Imaging and Printing Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic year 2005

ISBN 974-14-1908-2

Thesis Title	DIGITAL IMAGE ENHANCEMENT USING iCAM
By	Miss Paradee Jetsamanpunt
Field of study	Imaging Technology
Thesis Advisor	Suchitra Sueeprasan, Ph. D.
Thesis Co-advisor	Steven D. Hordley, Ph. D.

Accepted by the Faculty of Science, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master 's Degree

..... Dean of Faculty of Science

(Professor Piamsak Menasveta, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

..... Chairman

(Associate Professor Aran Hansuebsai, Ph.D.)

..... Thesis Advisor

(Suchitra Sueeprasan, Ph.D.)

..... Thesis Co-advisor

(Steven D. Hordley, Ph.D.)

..... Member

(Chawan Koopipat, Ph.D.)

นางสาว ภารดี เจตสมานพันธ์ : การปรับปรุงภาพดิจิทัลด้วย iCAM. (DIGITAL IMAGE ENHANCEMENT USING iCAM) อ. ที่ปรึกษา: อ. ดร. สุจิตรา สื่อประสาร, อ.ที่ปรึกษาร่วม: Steven D. Hordley, Ph. D., 96 หน้า. ISBN 974-14-1908-2.

ภาพถ่ายดิจิทัลที่ถ่ายในสภาวะแสงไม่เหมาะสมทำให้ภาพที่ได้ไม่สามารถเห็นรายละเอียดของภาพในบริเวณมืดและสว่าง เช่น ภาพที่มีความเปรียบต่าง (Contrast) สูงแต่แสดงรายละเอียดภาพไม่ดี การปรับปรุงภาพมีหลากหลายวิธี โดยทั่วไปจะทำการปรับปรุงภาพ หรือ การปรับปรุงสีอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว จึงได้มีการทำแบบจำลองการปรับปรุงทั้งภาพและสี ที่สามารถทำงานร่วมกันในแบบจำลองเดียวเรียกแบบจำลองนี้ว่า iCAM ขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในการทำงานของ iCAM คือการใส่ฟิลเตอร์ให้กับภาพ ในการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาชนิดของ ฟิลเตอร์เกาส์เซียน (Gaussian filter) ที่ใช้ใน iCAM ซึ่งมีตัวแปรสองตัวที่มีผลกับลักษณะของฟิลเตอร์ คือขนาดและค่าซิกมาของฟิลเตอร์ ในการทดลองกำหนดขนาดของฟิลเตอร์ที่ใช้ให้เท่ากับภาพ และขนาดครึ่งหนึ่งของภาพ ส่วนค่าซิกมาเปลี่ยนอยู่ในช่วง 1 – 500 ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ใช้ในฟิลเตอร์เกาส์เซียนที่ต่างกันใน iCAM ฟิลเตอร์แรกใช้ในการคำนวณข้อมูลการปรับสี และฟิลเตอร์ที่สองใช้ในการปรับค่าความสว่าง การเลือกใช้ฟิลเตอร์ทั้งสองที่เหมาะสมจะทำให้การปรับปรุงภาพด้วย iCAM ได้ผลดี ทำการทดลองใช้ชนิดของภาพที่แตกต่างกัน 3 ชนิด พบว่าขนาดของฟิลเตอร์มีผลกับการทำงานของแบบจำลองเพียงเล็กน้อย ดังนั้นการทดลองนี้จึงเลือกใช้ขนาดฟิลเตอร์ที่เท่ากับขนาดของภาพเหมือนกันทั้งสองฟิลเตอร์ ค่าซิกมาของฟิลเตอร์แรกควรมีค่าประมาณ 50 ขณะที่ฟิลเตอร์ที่สองมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 200 – 500 การเลือกใช้ฟิลเตอร์ที่เหมาะสมของ iCAM สามารถปรับปรุงคุณภาพของภาพในด้านรายละเอียดของภาพได้

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2548 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4672368523 : MAJOR IMAGING TECHNOLOGY

KEY WORD: IMAGE APPEARANCE / iCAM / IMAGE ENHANCEMENT / IMAGE RENDER / HIGH DYNAMIC RANGE IMAGE

PARADEE JETSAMANPUNT: DIGITAL IMAGE ENHANCEMENT USING iCAM. THESIS ADVISOR: SUCHITRA SUEEPRASAN Ph.D., THESIS COADVISOR : STEVEN D. HORDLEY Ph.D., 96 pp. ISBN 974-14-1908-2.

Digital images taken with improper light exposure will contain no detail in shadow, or in highlight. The quality of these images could be enhanced using the image color appearance model, iCAM. One crucial step of the implementation of iCAM is in the step of image filtering. The aim of this thesis was to define the types of Gaussian filter used in the iCAM model. Two sizes of filter were varied: the size of the image size and half the size of image size. The sigma values of filter were varied between 1 - 500. This parameter varying was applied to the first filter used in the step of obtaining chromatic adaptation information and to the second filter used in the step of luminance adaptation. A combination of appropriate filters would provide good quality of images enhanced with iCAM. Three different types of digital images were tested. The results showed that filter size had little effect on the model's performance. The image size was used as the filter size for both filters. The sigma of the first filter should be around 50, while that of the second filter is between 200 and 500. The use of iCAM with appropriate filters could improve quality of the input images in terms of image detail.

Department Imaging and Printing Technology Student's signature P. Jetsamanpunt

Field of study Image Technology Advisor's signature Suchitra

Academic year 2005 Co-advisor's signature

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my deep gratitude to my advisor: Dr. Suchitra Sueeprasan, for her continuous guidance, enormous number of invaluable discussions, helpful suggestions and warm encouragement throughout my study. I wish to express my sincere appreciation to my co-advisor, Dr. Steven D. Hordely, for his kind supervision, invaluable guidance. I am grateful to Associate Professor Dr. Aran Hansuebsai and Dr. Chawan Koopipat for serving as chairman and thesis committee, respectively; their comments were constructive and especially helpful.

Many thanks to all my friends and all members of the Department of Imaging and Printing Technology at Chulalongkorn University fot their assistance and friendly encouragement.

Finally I would like to express my deep thankfulness to my father, my mother and my families for their love, inspiration, understanding, generous support and their endless encouragement throughout this entire study.

CONTENTS

PAGE

ABSTRACT (IN THAI) iv

ABSTRACT (IN ENGLISH) v

ACKNOELEDGMENTS vi

CONTENTS vii

LIST OF TABLES x

LIST OF FIGURE xi

CHAPTER I: INTRODUCTION

1.1 Objectives 2

1.2 Scope of Research 3

1.3 Expected outcomes 4

1.4 Content of Thesis 4

CHAPTER II: THEORETICAL CONSIDERATIONS AND LITERATURE REVIEW

2.1 Theoretical Considerations

2.1.1 The perception of color 5

2.1.2 The CIE color system 6

2.1.2.1 CIE illuminant 7

2.1.2.2 Standard of reflectance factor 10

2.1.2.3 CIE standard observers 11

2.1.2.4 CIE XYZ tristimulus values 12

2.1.3 RGB color space 13

2.1.4 sRGB color space 14

PAGE

2.1.4.1 The forward transformation.....15

2.1.4.2 The reverse transformation.....17

2.1.5 Digital image enhancement.....18

2.1.5.1 Image histogram.....18

2.1.5.1.1 Tones.....19

2.1.5.1.2 Contrast.....21

2.1.5.2 Dynamic range.....22

2.1.5.3 Bit depth.....23

2.1.5.4 Image filtering.....24

2.1.5.4.1 Gaussian filter.....25

2.1.5.4.2 Convolution filter.....27

2.1.6 iCAM.....29

2.2 Literature review.....34

CHAPTER III: EXPERIMENT

3.1 Apparatus.....36

3.2 Experimental procedure.....37

3.2.1 Experimental preparation.....37

3.2.1.1 Test Images.....37

3.2.1.2 Implementation of iCAM.....40

3.2.1.3 Set-up of LCD.....42

3.2.2 Image enhancement.....43

PAGE

3.2.2.1 iCAM.....43

3.2.2.2 Imadjust.....44

3.2.3 Visual assessment.....45

CHAPTER IV: RESULTS AND DISCUSSION

4.1 Characteristics of low-pass filters.....46

4.1.1 Effects of filter size.....47

4.1.2 Effects of sigma (σ).....49

4.2 Effects of variables in Imadjust.....55

4.3 Selection of images enhanced with iCAM and Imadjust.....56

4.4 Performance of iCAM.....62

CHAPTER V: CONCLUSIONS

5.1 Conclusions.....67

5.2 Suggestions.....70

REFERENCES.....71

APPENDICES.....75

APPENDIX A.....76

APPENDIX B.....94

VITA.....96

LIST OF TABLES

TABLE PAGE

2.1 The different image types in terms of bits (bit depth), total colors available, and common names.....25

4-1 A summary of filter types used in iCAM to generate images having quality similar to the reference images.....57

4-2 A summary of variables used in Imadjust to generate images having quality similar to the reference images.....58

4-3 A summary of SSIM comparing each image with the reference image.....59

B-1 The rank of Boat image in color filed.....93

B-2 The rank of Boat image in detail filed. 93

B-3 The rank of Japan image in color filed.....93

B-4 The rank of Japan image in detail filed. 93

B-5 The rank of Party image in color filed.....94

B-6 The rank of Party image in detail filed. 94

LIST OF FIGURE

FIGURE PAGE

2-1 The spectral power distribution of CIE illuminant A 7

2-2 The spectral power distribution of CIE illuminants D50, D65 and C.....8

2-3 The spectral power distribution of CIE illuminants F2 and F11.....9

2-4 The spectral power distribution of CIE illuminants F7 and F8.....9

2-5 The spectral reflectance factor of a perfect reflecting diffuser and a sample.....10

2-6 Comparison of color matching functions of the 1931 CIE standard observers and the 1964 CIE supplementary observer.....11

2-7 The CIE tristimulus values X, Y and Z of color.....12

2-8 RGB color space.....14

2-9 CIE 1931 xy chromatic diagram showing the gamut of the sRGB color space and location of primary. The D65 white point is shown in center.....15

2-10 The histogram example.....19

2-11 The histogram example of high contrast.....20

2-12 The histogram example with peaks in the centre.....21

2-13 Difference between low contrast and high contrast.....22

2-14 2-D Gaussian distribution with mean (0, 0) and σ =1.....25

2-15 Different shapes of Gaussian filter when changing σ 26

2-16 Different shapes of Gaussian filter when changing size of filter.....26

FIGURE PAGE

2-17 An example image (left) and kernel (right) for illustrating convolution.....28

2-18 An example convolution at the edge of an image.....29

2-19 Flowchart of the iCAM image appearance model.....30

3-1 A flow chart of experimental procedure.....37

3-2 Reference images and their lightness histograms.....38

3-3 Original images (or input images to be enhanced) and their lightness histograms.....39

3-4 A flow chart of iCAM process.....40

3-5 The xy chromatic diagrams showing the gamut of the k.icc profile.....43

4-1 Characteristics of Gaussian filter with a constant sigma but two different sizes (a) filter size equal to image size (b) filter size equal to 1/2 image size.....47

4-2 The resulting images (a) the original image (b) the image using larger size of the first filter (c) the image using the first filter ½ the size of image.....48

4-3 The resulting images (a) the original image (b) the image using the larger size of the second filter (c) the image using the second filter with 1/2 the size of image.....49

4-4 Characteristics of Gaussian filter with a constant size but various σ (a) σ=1 (b) σ=20 (c) σ=50 (d) σ=200.....50

FIGURE PAGE

4-5 The resulting images obtained from varying the sigma but keeping the size of the first filter constant at the image size (a) the original image (b) σ = 1 (c) σ = 20 (d) σ = 50 (e) σ =200.....51

4-6 The resulting images from applying the second filter with a constant size of filter but various σ (a) the original image (b) σ =1 (c) σ =20 (c) σ =50 (d) σ =200.....52

4-7 (a) Original image. (b) Boat image enhanced using iCAM with σ = 50 for the first and σ = 200 for the second filter.....54

4-8 (a) Original image. (b) Japan image enhanced using iCAM σ = 55 for the first and σ = 500 for the second filter.....54

4-9 (a) Original image. (b) Party image enhanced using iCAM σ = 55 for the first and σ = 300 for the second filter.....54

4-10 (a) Original image (b) Boat image enhanced using Imadjust [low_out = 0 and high_out = 0.6].....55

4-11 (a) Original image. (b) Japan image enhanced using Imadjust [low_out = 0 and high_ out = 0.7].....56

4-12 (a) Original image. (b) Party image enhanced using Imadjust [low_out = 0 and high_out = 0.7].....56

FIGURE PAGE

4-13 Comparison of Boat (a) the perfect quality image

(b) the input image for enhancement, SSIM = 0.5277

(c) image enhanced using iCAM, SSIM = 0.5784

(d) image enhanced using Imadjust (low_out = 0 and high_out = 0.6),

SSIM =0.7303.....60

4-14 Comparison of Japan (a) the perfect quality image

(b) the input image for enhancement, SSIM = 0.537

(c) image enhanced using iCAM, SSIM = 0.5431

(d) image enhanced using Imadjust (low_out = 0 and high_out = 0.7),

SSIM = 0.7828.....61

4-15 Comparison of Party (a) the perfect quality image

(b) the input image for enhancement, SSIM = 0.5500

(c) image enhanced using iCAM, SSIM = 0.6183

(d) image enhanced using Imadjust (low_out = 0 and high_out = 0.7),

SSIM = 0.6132.....62

4-16 The mean preferences for Boat.....63

4-17 The mean preferences for Japan.....64

4-18 The mean preferences for Party.....64