

ขั้นตอนวิธีการสร้างมูมสกรีนสำหรับการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี



นางสาวรวงคณา เขื่องอุดม

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-1174-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ALGORITHM TO GENERATE SCREEN ANGLES FOR FLEXOGRAPHIC PRINTING

Miss Warangkana Uang-udom

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Imaging Technology
Department of Photographic Science and Printing Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-1174-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ขั้นตอนวิธีการสร้างมูสกรีนสำหรับการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี
โดย	นางสาววรางคณา เอื้องอุดม
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์พรทวี พึ่งรัศมี

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. สุดา เกียรติกำจรวงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์พรทวี พึ่งรัศมี)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. อรัญ หาญสืบสาย)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. พิชญดา เกตุเมฆ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วราจคณา เอื่องอุดม : ขั้นตอนวิธีการสร้างมุมสกรีนสำหรับการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี
 (ALGORITHM TO GENERATE SCREEN ANGLES FOR FLEXOGRAPHIC PRINTING)
 อ. ที่ปรึกษา : รศ.พรทวิ พึ่งรัศมี 108 หน้า. ISBN 974-17-1174-3

งานวิจัยนี้กำหนดขั้นตอนวิธีการสร้างมุมสกรีนสำหรับเม็ดสกรีนกลมด้วยเทคนิค Rational - Irrational tangent ทำการสร้างมุมสกรีนตามองศาที่กำหนดโดยยังคงรายละเอียดของภาพเหมือนภาพต้นฉบับ ตรวจสอบผลการสร้างมุมสกรีน โดยการทดลองพิมพ์ภาพทดสอบและแถบสีบน Linear Low Density Polyethylene ด้วยหมึกพิมพ์ชุดสอด้สีฐานตัวทำละลายและพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์เฟล็กโซกราฟีแบบเรียงแถว ประเมินการเกิดตาเสือด้วยสายตา ประเมินคุณภาพงานพิมพ์ด้วยกราฟการผลิตน้ำหนักรสี และ CIE a^*, b^* diagram ผลการทดลองพบว่า โปรแกรมที่เขียนขึ้นสามารถสร้างมุมสกรีนได้ทุกองศาตามที่กำหนด จากการทดสอบหมึกมุมสกรีนทุกองศาบนภาพฮาล์ฟโทนสีพื้น พบว่าเกิดตาเสือในช่วง 37 ถึง 52 องศา ทดสอบพิมพ์สอด้สีที่มุมสกรีน 0, 75, 15 และ 45 องศา พิมพ์หมึกพิมพ์สีเหลือง ม่วงแดง น้ำเงินเขียวและดำ ตามลำดับ และที่มุมสกรีนเบี่ยงไปจากมุมดังกล่าว -7.5 องศา ผลการทดลองพบว่าไม่เกิดตาเสือ จากการวิเคราะห์คุณภาพงานพิมพ์ การผลิตน้ำหนักรสีของมุมสกรีนทั้ง 2 ชุดได้ผลไม่ต่างกันและคุณภาพอยู่ในระดับดี สมดุลสีเทาเข้าใกล้สีเทากลาง และรายงานผลการชดเชยเม็ดสกรีนบวมไว้ด้วย

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ลายมือชื่อนิสิต.....
 สาขาวิชา ...เทคโนโลยีทางภาพ.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
 ปีการศึกษา ...2545.....

4372394523: MAJOR IMAGING TECHNOLOGY

KEY WORD: AM SCREEN / CLUSTER DOT / SCREEN ANGLE / MOIRE PATTERN

WARANGKANA UANG-UDOM : ALGORITHM TO GENERATE SCREEN ANGLES FOR
FLEXOGRAPHIC PRINTING. THESIS ADVISOR : ASSOC. PONTAWEE
PUNGRASSAMEE, MS. 108 pp. ISBN 974-17-1174-3

This research assigned algorithm to generate screen angles for a round dot screen using Rational – Irrational tangent technique. Screen angles had been generated according to the specified angles while the original image detail still maintained. These tests were printed on an in-line press flexographic machine with solvent-based process inks on a Linear Low Density Polyethylene. The moire pattern was observed by naked eye. For printing quality, the tone reproduction curves were evaluated and the grey balance was indicated in the CIE a^*, b^* diagram. The results show that the algorithm can generate any specified screen angles. In this experiment it was found that the moire pattern appeared between 37 to 52 degrees in the halftone single color printing. In process color printing at screen angles 0, 75, 15 and 45 degrees and at -7.5 from these degrees, printed yellow, magenta, cyan and black respectively, the moire pattern did not occur in both conditions. The tone reproduction of the 2 sets were the same good quality, grey balance closed to neutral grey and the result of dot gain compensate was reported.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department ...Imaging and Printing Technology.....

Student's signature

Field of study ...Imaging Technology.....

Advisor's signature

Academic ...year 2002.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีของรองศาสตราจารย์พรทิวี พึ่งรัศมี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร. สุดา เกียรติกำจรวงศ์ รองศาสตราจารย์ ดร. อรัญ หาญสืบสาย อาจารย์ ดร. พิชญดา เกตุเมฆ ประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยให้คำปรึกษาและแนะนำในการทำวิจัย ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณผู้มีรายนามดังต่อไปนี้ คุณรุ่งโรจน์ สุขเกิดกิจพิบูลย์และคุณศนสนีย์ ธนะมัน บริษัท เอเวอรี่ เดนิสสัน (ประเทศไทย) จำกัด, คุณสุวิทย์ ลิ้มปรีศิริพันธ์และคุณมนโนธรรม รัตนไกรสร บริษัท ท.ไทย เยนเนอร์รอล (1975) จำกัด, คุณวรวิภา โดดตาบ คุณเพ็ญชาติ โรจนธรรม คุณณรงค์ ชีวจิตต์วรกุลและเจ้าหน้าที่ฝ่ายผลิต บริษัท พรี่แพค (ประเทศไทย) จำกัด, คุณอภิวัฒน์ สิ้นไชย และคุณพิชิต พูแสง บริษัท แม่พิมพ์ จำกัด, คุณสุเมธ ศุภสวัสดิ์และคุณวิมล ทนุรัตน์บุตร บริษัท พรินท์มาสเตอร์ จำกัด, บริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด ที่อำนวยความสะดวกและให้ความอนุเคราะห์วัสดุและอุปกรณ์ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณคุณจุฬารัตน์ กัลยาจิตร์โกศล คุณสุรัช นันท์ คุณธรรมสาร ทิพรังศรี คุณศุภชัย ธีรวิทย์ทางกูร คุณพลสุทธิ บุญเสริมศักดิ์กุล เจ้าหน้าที่ภาควิชาฯ พี่ เพื่อน และน้อง สำหรับความช่วยเหลือและคำแนะนำต่าง ๆ

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณพ่อแม่ ที่ให้การสนับสนุนตลอดมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 : บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 สาระของการวิจัย.....	2
บทที่ 2 : ทฤษฎีและวรรณกรรมปริทรรศน์.....	3
2.1 ทฤษฎี.....	3
2.1.1 ลักษณะทั่วไปของการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี.....	3
2.1.2 ภาพฮาล์ฟโทน.....	5
2.1.3 องค์ประกอบหลักในการแยกสี.....	7
2.1.4 ภาพฮาล์ฟโทนดิจิทัล.....	8

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.1.5 เทคนิค Rational - Irrational tangent.....	11
2.1.6 การเกิดตาเส้นในการพิมพ์สอดสีเฟล็กโซกราฟี.....	12
2.2 วรรณกรรมปริทรรศน์.....	13
บทที่ 3 : อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	16
3.1 วัสดุและอุปกรณ์.....	16
3.1.1 วัสดุ.....	16
3.1.2 อุปกรณ์.....	17
3.2 วิธีการทดลอง.....	20
บทที่ 4 : ผลการทดลองและอภิปรายผล.....	27
4.1 การทดลองการหมุนมุมสกรีน.....	27
4.1.1 การหมุนมุมสกรีน.....	27
4.1.2 ปูฟ 1 สี.....	33
4.1.3 ปูฟโครมาตินสอดสี.....	35
4.1.4 พิมพ์สอดสี.....	36
4.2 วิเคราะห์การผลิตน้ำหมึกสี.....	52
4.2.1 ความดำพื้นตาย.....	52
4.2.2 ความเปรียบต่างการพิมพ์.....	53

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.3 การผลิตน้ำหมักสี.....	54
4.2.4 สมดุลสีเทา.....	76
บทที่ 5 : สรูปและข้อเสนอแนะ.....	82
5.1 สรูป.....	82
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	83
รายการอ้างอิง.....	84
ภาคผนวก.....	86
ภาคผนวก ก.....	87
ภาคผนวก ข.....	97
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	108

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
4-1 ความดำพัน้ตายของงานพิมพ์.....	52
4-2 ความเปรียบเทียบการพิมพ์ที่ 80 เปอร์เซ็นต์สกรีน.....	53
4-3 การผลิตน้ำหมึกสี ภาพทดสอบ (ธ-1).....	54
4-4 การผลิตน้ำหมึกสี ภาพทดสอบ (ธ-2).....	56
4-5 การผลิตน้ำหมึกสี ภาพทดสอบ (ธ-3).....	58
4-6 การผลิตน้ำหมึกสี ภาพทดสอบ (ธ-4).....	60
4-7 การผลิตน้ำหมึกสี ปรุ้ฟโครมาลิน ที่ YMCK.....	62
4-8 การผลิตน้ำหมึกสี ภาพทดสอบ (ธ) ที่ YMCK.....	63
4-9 การผลิตน้ำหมึกสี การพิมพ์สีเหลือง.....	66
4-10 การผลิตน้ำหมึกสี การพิมพ์สีม่วงแดง.....	68
4-11 การผลิตน้ำหมึกสี การพิมพ์สีน้ำเงินเขียว.....	70
4-12 การผลิตน้ำหมึกสี การพิมพ์สีดำ.....	72
4-13 การผลิตน้ำหมึกสี การพิมพ์YMCK.....	74
4-14 ค่า CIE a*b* ของปรุ้ฟโครมาลินและการทดลอง (ธ).....	76
4-15 ค่า CIE a*b* ของการทดลอง (น).....	79

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2-1	หน่วยการทำงานการพิมพ์เพล็ทโซกราฟี..... 4
2-2	ภาพตัวอย่างแอนิลอกซ์เซลล์ (ก) 30 องศา (ข) 45 องศา (ค) 60 องศา..... 5
2-3	เปรียบเทียบภาพต้นฉบับโทนต่อเนื่องและภาพฮาล์ฟโทนที่ผลิตขึ้น..... 6
2-4	ภาพฮาล์ฟโทนที่มุมสกรีน 45 องศา (ก) ความละเอียด 100 เส้นต่อนิ้ว (ข) ความละเอียด 40 เส้นต่อนิ้ว..... 6
2-5	รูปร่างเม็ดสกรีนแบบต่าง ๆ..... 7
2-6	มุมสกรีนที่ใช้สำหรับการพิมพ์ทั่วไป..... 10
2-7	เม็ดสกรีนขนาดต่าง ๆ แบบ Cluster dot..... 11
2-8	การหมุนมุมสกรีน 15 องศาที่ขนาดเซลล์ 5x5 พิกเซล..... 12
2-9	เม็ดสกรีนความละเอียด 85, 100, 120, 150 เส้นต่อนิ้ว บนแอนิลอกซ์เซลล์ ความละเอียด 800 เส้นต่อนิ้ว ที่กำลังขยาย 1 เซนติเมตร ต่อ 25 ไมครอน..... 13
3-1	ภาพทดสอบและแถบสีในการพิมพ์ 1 รอบ..... 20
3-2	ภาพทดสอบ..... 22
3-3	แถบสี..... 23
3-4	การทำงานของขั้นตอนวิธีการสร้างเม็ดสกรีนและมุมสกรีนแบบ AM screen..... 25

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-1 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 8 องศา.....	27
4-2 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 16 องศา.....	28
4-3 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 24 องศา.....	28
4-4 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 32 องศา.....	29
4-5 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 40 องศา.....	29
4-6 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 48 องศา.....	30
4-7 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 56 องศา.....	30
4-8 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 64 องศา.....	31
4-9 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 72 องศา.....	31
4-10 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 80 องศา.....	32
4-11 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 88 องศา.....	32
4-12 ภาพทดสอบและแถบสี ปู๊ฟ 1 สี.....	34
4-13 ภาพทดสอบและแถบสี การทดลอง (ธ-1).....	37
4-14 ภาพทดสอบและแถบสี การทดลอง (ธ-2).....	38
4-15 ภาพทดสอบและแถบสี การทดลอง (ธ-3).....	39

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-16 ภาพทดสอบและแถบสี การทดลอง (ธ-4).....	40
4-17 แถบทดสอบมุมสกรีน 0-37, 37.5-52.5 และ0-90 องศา การพิมพ์สีเหลือง.....	42
4-18 แถบทดสอบมุมสกรีน 0-37, 37.5-52.5 และ0-90 องศา การพิมพ์สีม่วงแดง.....	43
4-19 แถบทดสอบมุมสกรีน 0-37, 37.5-52.5 และ0-90 องศา การพิมพ์สีน้ำเงินเขียว.....	44
4-20 แถบทดสอบมุมสกรีน 0-37, 37.5-52.5 และ0-90 องศา การพิมพ์สีดำ.....	45
4-21 แถบสี การทดลอง (น-1).....	47
4-22 แถบสี การทดลอง (น-2).....	47
4-23 แถบสี การทดลอง (น-3).....	48
4-24 แถบสี การทดลอง (น-4).....	48
4-25 ภาพทดสอบ การทดลอง (บ-1).....	50
4-26 ภาพทดสอบ การทดลอง (บ-2).....	50
4-27 ภาพทดสอบ การทดลอง (บ-3).....	51
4-28 ภาพทดสอบ การทดลอง (บ-4).....	51
4-29 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เม็ดสกรีนบนโพลีดีจิตัลและพื้นที่เม็ดสกรีนบนงานพิมพ์ การทดลอง (ธ-1).....	55

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-30 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เม็ดสกรีนบนโพลีดีจิตัลและค่าความดำบนงานพิมพ์	
การทดลอง (๕-1).....	55
4-31 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เม็ดสกรีนบนโพลีดีจิตัลและพื้นที่เม็ดสกรีนบนงานพิมพ์	
การทดลอง (๕-2).....	57
4-32 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เม็ดสกรีนบนโพลีดีจิตัลและค่าความดำบนงานพิมพ์	
การทดลอง (๕-2).....	57
4-33 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เม็ดสกรีนบนโพลีดีจิตัลและพื้นที่เม็ดสกรีนบนงานพิมพ์	
การทดลอง (๕-3).....	59
4-34 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เม็ดสกรีนบนโพลีดีจิตัลและค่าความดำบนงานพิมพ์	
การทดลอง (๕-3).....	59
4-35 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เม็ดสกรีนบนโพลีดีจิตัลและพื้นที่เม็ดสกรีนบนงานพิมพ์	
การทดลอง (๕-4).....	61
4-36 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เม็ดสกรีนบนโพลีดีจิตัลและค่าความดำบนงานพิมพ์	
การทดลอง (๕-4).....	61

สารบัญภาพ (ต่อ)

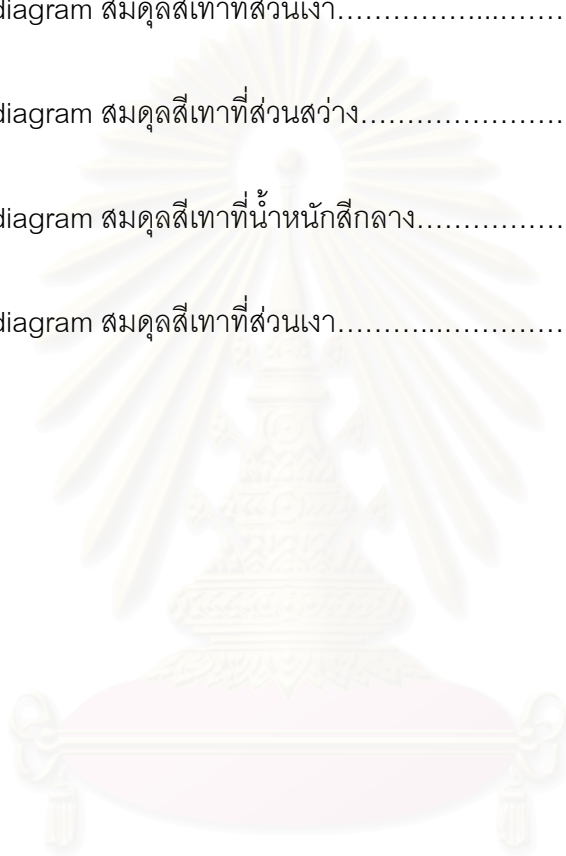
รูปที่	หน้า
4-37 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมล็ดสกรีนบนไฟล์ดิจิทัลและพื้นที่เมล็ดสกรีนบนงานพิมพ์	
ปฏิรูปโครมาลินที่ YMCK	64
4-38 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมล็ดสกรีนบนไฟล์ดิจิทัลและพื้นที่เมล็ดสกรีนบนงานพิมพ์	
การทดลอง (ง) ที่ YMCK.....	64
4-39 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมล็ดสกรีนบนไฟล์ดิจิทัลและค่าความดำบนงานพิมพ์	
ปฏิรูปโครมาลินที่ YMCK	65
4-40 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมล็ดสกรีนบนไฟล์ดิจิทัลและค่าความดำบนงานพิมพ์	
การทดลอง (ง) ที่ YMCK	65
4-41 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมล็ดสกรีนบนไฟล์ดิจิทัลและพื้นที่เมล็ดสกรีนบนงานพิมพ์	
การพิมพ์สีเหลือง.....	67
4-42 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมล็ดสกรีนบนไฟล์ดิจิทัลและค่าความดำบนงานพิมพ์	
การพิมพ์สีเหลือง.....	67
4-43 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมล็ดสกรีนบนไฟล์ดิจิทัลและพื้นที่เมล็ดสกรีนบนงานพิมพ์	
การพิมพ์สีม่วงแดง.....	69

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-44 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เม็ดสกรีนบนไฟลด์ดิจิทัลและค่าความดำบนงานพิมพ์	
การพิมพ์ม่วงแดง.....	69
4-45 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เม็ดสกรีนบนไฟลด์ดิจิทัลและพื้นที่เม็ดสกรีนบนงานพิมพ์	
การพิมพ์สีน้ำเงินเขียว.....	71
4-46 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เม็ดสกรีนบนไฟลด์ดิจิทัลและค่าความดำบนงานพิมพ์	
การพิมพ์สีน้ำเงินเขียว.....	71
4-47 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เม็ดสกรีนบนไฟลด์ดิจิทัลและพื้นที่เม็ดสกรีนบนงานพิมพ์	
การพิมพ์สีดำ.....	73
4-48 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เม็ดสกรีนบนไฟลด์ดิจิทัลและค่าความดำบนงานพิมพ์	
การพิมพ์สีดำ.....	73
4-49 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เม็ดสกรีนบนไฟลด์ดิจิทัลและพื้นที่เม็ดสกรีนบนงานพิมพ์	
การพิมพ์สอดสี.....	75
4-50 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เม็ดสกรีนบนไฟลด์ดิจิทัลและค่าความดำบนงานพิมพ์	
การพิมพ์สอดสี.....	75
4-51 CIE a*,b* diagram สมดุลสีเทาที่ส่วนสว่าง.....	77

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-52 CIE a*,b* diagram สมดุลสีเทาที่น้ำหนักสีกลาง.....	77
4-53 CIE a*,b* diagram สมดุลสีเทาที่ส่วนเงา.....	78
4-54 CIE a*,b* diagram สมดุลสีเทาที่ส่วนสว่าง.....	80
4-55 CIE a*,b* diagram สมดุลสีเทาที่น้ำหนักสีกลาง.....	80
4-56 CIE a*,b* diagram สมดุลสีเทาที่ส่วนเงา.....	81



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการพิมพ์ขาว-ดำทั่วไปจะมีรูปแบบการจัดวางเม็ดสกรีนที่มุม 45 องศา เพื่อที่จะได้งานพิมพ์ที่ต้องการ แต่สำหรับการพิมพ์สีจะมีการผลิตฟิล์มแยกสีโดยนำฟิล์มแยกสีมาเรียงซ้อนทับกันเพื่อให้เกิดสีบนงานพิมพ์ ทำให้ต้องมีการจัดวางตำแหน่งของเม็ดสกรีนในแต่ละสีในตำแหน่งที่แตกต่างกัน เพื่อไม่ให้เกิดรูปแบบที่ไม่เป็นที่ต้องการที่เกิดจากการซ้อนทับที่เรียกว่า การเกิดตาเสือ (moire pattern) เนื่องจากการจัดวางมุมสกรีนที่ไม่เหมาะสม สำหรับการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีต้องการมุมสกรีนที่แตกต่างจากการพิมพ์ในระบบอื่น เนื่องมาจากลูกกลิ้งแอนิลอกซ์ (anilox roller) ที่มีมุมสกรีนในการส่งถ่ายหมึกพิมพ์ ซึ่งในปัจจุบันใช้การจัดวางฮาล์ฟโทนเซลล์ในภาพดิจิทัลอาศัยการจัดวางแบบ Rational – Irrational tangent ที่สามารถจัดวางมุมสกรีนได้หลากหลาย โดยมีขนาดและรูปร่างของเซลล์ที่แตกต่างกัน ใช้แทนการใช้ฟิล์มสัมผัสแบบในอดีต งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยต่อเนื่องจากขั้นตอนวิธีในการสร้างเม็ดสกรีนสำหรับการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี โดยจุฬารัตน์ กัลยาจิตรโกศล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งมุมที่จะสร้างการทำงานในระบบเปิดที่คงความสามารถในการสร้างและหมุนมุมสกรีนในกระบวนการจัดการภาพในขั้นตอนก่อนการพิมพ์ โดยทำการจัดการข้อมูลภาพผ่านค่าขีดเริ่มเปลี่ยนเพื่อจัดการลักษณะเม็ดสกรีนและมุมสกรีนของแต่ละสีในภาพ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างมูมสกรีนของเม็ดสกรีนแบบกลมที่สร้างขึ้นสำหรับพิมพ์ภาพสอดสีในระบบการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี

1.3 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งที่จะสร้างมูมสกรีนที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีซึ่งอยู่ภายใต้ข้อกำหนดดังนี้

1.3.1 สำหรับการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีแบบเรียงแถว (In-line press) ป้อนม้วนหน้าแคบ (Narrow web) ระบบใบมีดปาดหมึก ลูกกลิ้งแอนิล็อกซ์ 60 องศา ความละเอียด 800 เส้นต่อนิ้ว ใช้แม่พิมพ์โฟโตพอลิเมอร์ความหนา 1.7 มิลลิเมตร หมึกชุดพิมพ์สอดสีฐานตัวทำละลาย บน Linear Low Density Polyethylene

1.3.2 ทำการแยกสีและนำภาพสีเทา (grey image) ในแต่ละสีมาผ่านกระบวนการสร้างและหมุนมูมสกรีน

1.3.3 ในการจัดการข้อมูลภาพ, การทำซ้ำข้อมูล, การย่อขยาย, การแยกสี, การจัดวางภาพ, การควบคุมข้อมูลส่งออกและอื่น ๆ ใช้ซอฟต์แวร์ประยุกต์

1.4 สาระของการวิจัย

การวิจัยทำการศึกษาระดับต้นวิธีการสร้างมูมสกรีนสำหรับการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี บทที่ 2 กล่าวถึงลักษณะทั่วไปของการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี, ภาพฮาล์ฟโทน, ภาพฮาล์ฟโทนดิจิทัล, หลักการทำงานเทคนิค Rational - Irrational tangent และวรรณกรรมปริทรรศน์ บทที่ 3 การทดลองประกอบด้วยเนื้อหา ลักษณะของภาพทดสอบและแถบควบคุม, วัสดุ, อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล สรุปผลการวิจัยในบทที่ 5 รวมทั้งคำแนะนำสำหรับงานวิจัยต่อไป

บทที่ 2

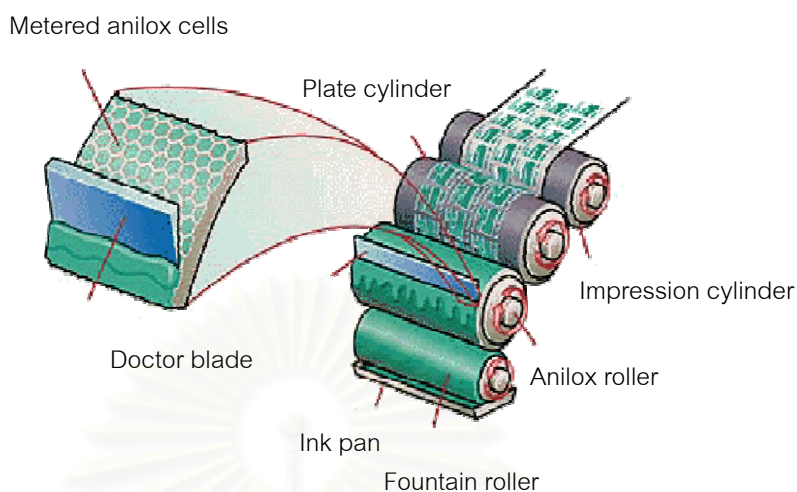
ทฤษฎีและวรรณกรรมปริทรรศน์

ในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎี ได้แก่ ลักษณะทั่วไปของการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี ภาพฮาโลโทน ภาพฮาโลโทนดิจิทัล การทำงานเทคนิค Rational – Irrational tangent และวรรณกรรมปริทรรศน์

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี

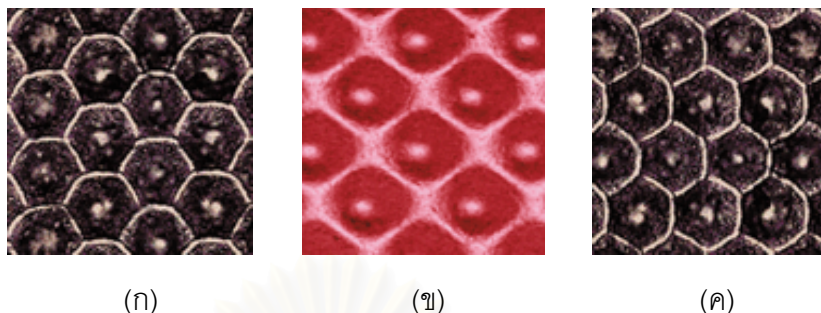
การพิมพ์เฟล็กโซกราฟีเป็นการพิมพ์พื้นฐน สามารถพิมพ์ได้บนวัสดุพิมพ์หลายชนิดและไม่จำเป็นต้องเป็นวัสดุผิวเรียบ การพิมพ์เป็นการถ่ายโอนหมึกพิมพ์จากบริเวณภาพของแม่พิมพ์ซึ่งเป็นส่วนที่สูงกว่าบริเวณไร้ภาพลงบนวัสดุใช้พิมพ์ แม่พิมพ์ทำจากยางหรือพอลิเมอร์ที่มีความอ่อนตัวและยืดหยุ่นตัว หมึกพิมพ์ที่ใช้มีความหนืดต่ำ ใช้พิมพ์สิ่งพิมพ์ประเภทบรรจุภัณฑ์เป็นหลัก ไม่ว่าจะพิมพ์พลาสติกอ่อนตัวเพื่อผลิตเป็นซอง, ถุง, แผ่นสำหรับใช้บรรจุห่อหุ้มอาหาร พิมพ์พลาสติกแข็งเพื่อผลิตเป็นถังและขวด พิมพ์กระดาษ กระดาษแข็งและกระดาษลูกฟูก รวมทั้งพิมพ์แผ่นโลหะเปลวทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบ นอกจากบรรจุภัณฑ์ยังใช้พิมพ์สิ่งพิมพ์ทั่วไปและสิ่งพิมพ์เผยแพร่ต่าง ๆ เช่น หนังสือ นิตยสาร หนังสือพิมพ์ ฉลาก สติกเกอร์ กระดาษทิชชู ใบบัตรรับเงิน ฯลฯ สิ่งพิมพ์ประเภทบรรจุภัณฑ์ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นม้วน ดังนั้นเครื่องพิมพ์เฟล็กโซกราฟีโดยมากจึงเป็นเครื่องพิมพ์ป้อนม้วนและใช้เครื่องพิมพ์แบบโรตารี ปัจจุบันแม่พิมพ์ที่ใช้เป็นแม่พิมพ์โฟโตพอลิเมอร์ โดยที่หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายแห้งตัวเร็วและมีความมันวาวสูงกว่าหมึกพิมพ์ฐานน้ำที่ไม่มีกลิ่นแรงและราคาถูก จึงเหมาะกับการพิมพ์สอดสีบนแผ่นพลาสติกแผ่นโลหะเปลว เหมาะกับการพิมพ์จำนวนมากโดยใช้เวลาในการเตรียมพิมพ์ค่อนข้างน้อย [1]



รูปที่ 2-1 หน่วยการทำงานการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี

ส่วนการจ่ายหมึกพิมพ์เริ่มจากหมึกพิมพ์บรรจุอยู่ในอ่างหมึก (ink pan) ได้รับการส่งต่อไปยังลูกกลิ้งส่งหมึก (fountain roller) ซึ่งอาจจะมีหรือไม่มีใบปาดหมึก (doctor blade) ทำการปาดหมึกให้เรียบ ในกรณีที่ไม่มีใบปาดหมึก ลูกกลิ้งส่งหมึกจะทำหน้าที่รีดหมึกพิมพ์ไปในตัวได้เช่นกัน ทำให้ได้ชั้นหมึกพิมพ์ที่เรียบและมีปริมาณสม่ำเสมอส่งให้กับบ่อเล็ก ๆ (anilox cells) บนลูกกลิ้งแอนิลอกซ์ (anilox roller) เพื่อที่แม่พิมพ์ซึ่งโอบรอบโมแม่พิมพ์ (plate cylinder) มารับหมึกพิมพ์จากลูกกลิ้งแอนิลอกซ์ที่เรียบและบางลงแล้วจึงส่งหมึกพิมพ์ต่อไปยังวัสดุพิมพ์ โดยการถ่ายโอนหมึกพิมพ์ลงบนวัสดุพิมพ์โดยอาศัยโมกดพิมพ์ (impression cylinder)

รูปร่างและมุมของเซลล์แอนิลอกซ์ แบ่งเป็น 3 แบบคือเซลล์รูปหกเหลี่ยม มุม 30 องศา เซลล์แบบนี้มีการปล่อยหมึกพิมพ์ที่ดี แต่ผนังเซลล์บนผิวหน้าเกิดการสึกกร่อนง่ายเมื่อเจอใบปาดหมึกพิมพ์หรือลูกกลิ้งปาดหมึกพิมพ์ นิยมใช้สำหรับงานพิมพ์เคลือบ เซลล์รูปสี่เหลี่ยมมุม 45 องศา มีการทำงานที่ดีแต่บางครั้งเกิดการดึงกลับหลัง (Drawbacks) เพราะเซลล์มีความลึกมากกว่าเซลล์รูปหกเหลี่ยมที่ให้ปริมาตรหมึกพิมพ์เท่ากัน เกิดการอุดตันที่ก้นของเซลล์ทำให้การถ่ายเทหมึกพิมพ์ไม่ดี และมีผลต่อความเข้มสีของหมึกพิมพ์ ใช้สำหรับการพิมพ์หนังสือพิมพ์เป็นส่วนใหญ่ เซลล์รูปหกเหลี่ยม มุม 60 องศา นิยมใช้ในอุตสาหกรรมทั่วไป เนื่องจากให้แผ่นฟิล์มของหมึกพิมพ์สม่ำเสมอ ถ่ายเทหมึกพิมพ์ได้ดีและทำความสะอาดง่าย [1]



รูปที่ 2-2 ภาพตัวอย่างแอนิลอกซ์เซลล์ (ก) 30 องศา (ข) 45 องศา (ค) 60 องศา

2.1.2 ภาพฮาล์ฟโทน

ตาของคนไม่สามารถแยกเส้นสีดำที่อยู่ห่างกันต่ำกว่า 0.20 มิลลิเมตร ได้จากระยะการมองปกติ (มองห่างจากวัตถุ 20 เซนติเมตร) ถ้าเส้นเหล่านั้นอยู่ห่างกันน้อยกว่า 0.20 มิลลิเมตร ตามมนุษย์จะเชื่อมเส้นเหล่านั้นเข้าด้วยกัน ดังนั้นการที่มีเส้นสีขาวระหว่างเส้นแต่ไม่สามารถมองเห็นได้ในภาพรวมทำให้สามารถผลิตสีเทาได้ในกระบวนการพิมพ์ และเมื่อเพิ่มหรือลดสีขาวก็จะทำให้สีเทาในภาพอ่อนลงหรือเพิ่มขึ้นได้ เมื่อภาพต้นฉบับโทนต่อเนื่อง (Continuous Tone) ผ่านกระบวนการพิมพ์แล้ว จะถูกแปลงเป็นภาพสองระดับ (bilevel) ซึ่งมี 2 ระดับสีเท่านั้น ภาพที่ได้จะสูญเสียรายละเอียดของภาพไปเพราะระดับสีเทาไม่ได้ถูกถ่ายทอดมาด้วย ซึ่งหากต้องการทำให้เห็นระดับสีเทาได้ในกระบวนการพิมพ์ จำเป็นต้องใช้วิธีการลงตา ซึ่งเป็นวิธีที่ทำให้ตาของคนมองเป็นบริเวณที่พิมพ์รวมไปกับบริเวณที่ไม่ได้พิมพ์เกิดการลงตาเห็นเป็นระดับสีเทาได้ [4]

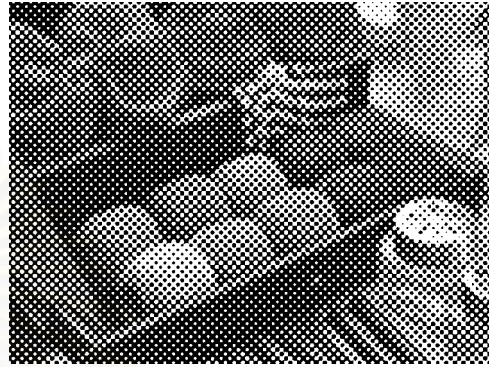
ภาพฮาล์ฟโทน ประกอบขึ้นจากกลุ่มเม็ดสกรีนขนาดต่าง ๆ เรียงกันเป็นแบบแผน แต่ละแบบแผนมีสมบัติพื้นฐานอยู่ 3 ประการ คือ ความละเอียด (resolution), มุมสกรีน (screen angle) และรูปร่างเม็ดสกรีน (dot shape) [2]

2.1.2.1 ความละเอียดสกรีน เป็นค่าที่บอกความถี่ของเม็ดสกรีนที่ปรากฏใน 1 ตารางหน่วย ซึ่งอาจวัดเป็นหน่วยมาตรฐานต่าง ๆ นิยมใช้เป็นเส้นต่อนิ้ว (line per inch - lpi) หรือ เส้นต่อเซนติเมตร (line per centimeter - lpcm) ในระบบเมตริกซ์ โดยความหนาหรือละเอียดของภาพขึ้นกับความละเอียดสกรีน ที่ความละเอียดสกรีนต่ำเป็นผลมาจากเซลล์ของ

เม็ดสกรีนที่มีขนาดใหญ่ภาพจึงดูหยาบ ในทางกลับกันถ้าความละเอียดสกรีนสูง ภาพก็จะมี
ความต่อเนื่องมากขึ้นเพราะเซลล์ของเม็ดสกรีนมีขนาดเล็ก



(ก)

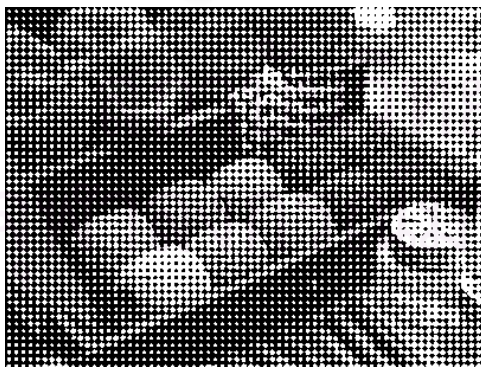


(ข)

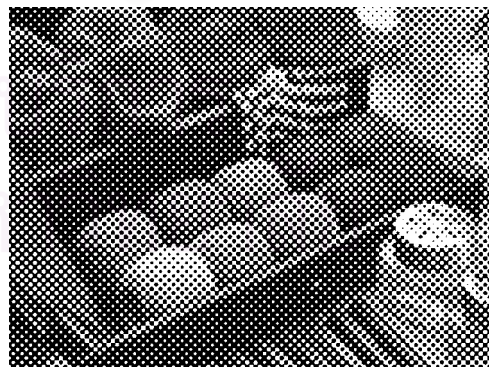
รูปที่ 2-3 ภาพฮาล์ฟโทนที่มุมสกรีน 45 องศา (ก) ความละเอียด 100 เส้นต่อนิ้ว

(ข) ความละเอียด 40 เส้นต่อนิ้ว

2.1.2.2 มุมสกรีน ถ้าแบบแผนของสกรีนตั้งตรง มุมสกรีนจะอยู่ที่ 0 องศา
มาตรฐานของมุมสกรีนอยู่ที่ 45 องศาเพราะเป็นมุมที่สังเกตเห็นแนวสกรีนได้น้อยที่สุด สามารถ
ลดตาคนให้มองเห็นสีเทาของเม็ดสกรีนได้ดีที่สุด ดังนั้นในการผลิตภาพฮาล์ฟโทนขาว-ดำ จึง
นิยมใช้มุมสกรีนนี้ [3]



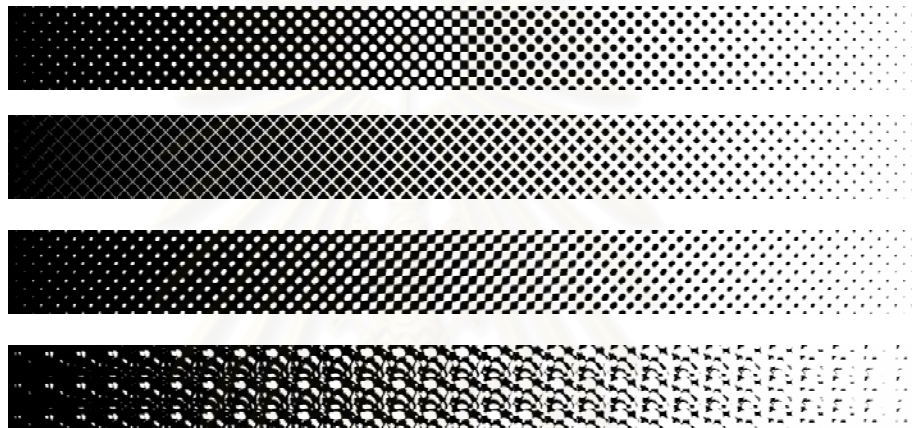
(ก)



(ข)

รูปที่ 2-4 ภาพฮาล์ฟโทนที่มุมสกรีน (ก) 0 องศา (ข) 45 องศา

2.1.2.3 รูปร่างเม็ดสกรีน เม็ดสกรีนประกอบด้วยจุดเล็ก ๆ ซึ่งสามารถเรียงจุดเหล่านี้ให้เป็นรูปร่างที่ต้องการ ดังนั้นเม็ดสกรีนอาจมีรูปร่างเป็นวงกลม สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม เส้น หรือแม้แต่รูปภาพขึ้นกับการจัดเรียงค่าขีดเริ่มเปลี่ยน ลักษณะงานพิมพ์ การเกิดเม็ดสกรีนบวม และโทนกระโดดเป็นส่วนหนึ่งในการเลือกใช้รูปร่างเม็ดสกรีนทำให้คุณภาพของงานพิมพ์แตกต่างกันไป สำหรับการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีเลือกใช้เม็ดสกรีนวงกลมเนื่องจากให้งานพิมพ์ที่มีคุณภาพดีที่สุด [4], [5]



รูปที่ 2-5 รูปร่างเม็ดสกรีนแบบต่าง ๆ

2.1.3 องค์ประกอบหลักในการแยกสี

2.1.3.1 การผลิตน้ำหมึกสี (Tone reproduction) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างระดับสีเทาของภาพต้นฉบับกับภาพที่ผลิตได้ โดยใช้ค่าความดำเป็นตัววัดระดับสีเทา ในการผลิตน้ำหมึกสีอุดมคติ กราฟที่ได้จากการวัดค่าความดำควรเป็นเส้นตรง 45 องศาผ่านจุดเริ่มต้น แต่ในความเป็นจริงน้ำหมึกสีที่ผลิตได้ไม่เป็นเช่นนั้นเนื่องจากการสูญเสียรายละเอียดบางส่วนไปในช่วงขั้นตอนการผลิต สำหรับการพิมพ์ 4 สีเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำของต้นฉบับกับค่าความดำของการพิมพ์ 4 สีซ้อนทับกัน

2.1.3.2 สมดุลสีเทา (Grey Balance) เนื่องจากสีเทาเกิดจากการผสมกันของแม่สีทั้งระบบบวกและระบบลบ ดังนั้นสีเทาจึงมีผลกระทบต่อสีทุกสีในภาพ ถ้าบริเวณสีเทาของภาพไม่เป็นสีเทาแท้จริงจะมีผลให้ภาพนั้นมีสีเพี้ยนผิดธรรมชาติไปทั้งภาพ ดังนั้นการควบคุมสมดุลสีเทาจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นหนึ่งในการควบคุมคุณภาพงานพิมพ์ สำหรับแม่สีระบบบวก

บริเวณที่มี R, G และ B รวมกันปริมาณเท่ากันบริเวณนั้นจะกลายเป็นสีเทา แต่ในกรณีงานพิมพ์ CMYK บริเวณที่มีหมึกพิมพ์ C, M และ Y อยู่เท่า ๆ กันอาจจะไม่ได้สีเทากลางทั้งนี้เนื่องจากเม็ดสีในหมึกพิมพ์ไม่บริสุทธิ์

2.1.3.3 เทคนิคการบังลดสี (Under Color Removal - UCR) เป็นการลดปริมาณหมึกพิมพ์ C, M และ Y ในบริเวณที่พิมพ์สีดำ วิธีนี้จะใช้ในบริเวณส่วนเงาในงานพิมพ์ ซึ่งจะมีผลเฉพาะบริเวณที่เป็นสีเทาเท่านั้น ไม่กระทบต่อความอิ่มตัวของสีอื่น

2.1.3.4 เทคนิคการใช้สีเทาทดแทน (Grey Component Replacement - GCR) เป็นเทคนิคการพิมพ์สีดำเพื่อแทนที่สีเทาซึ่งเกิดจาก CMY โดยใช้หลักการที่ว่าสีมีส่วนประกอบอยู่ 2 ส่วนคือส่วนที่มีสีและส่วนที่ไม่มีสี วิธีนี้เป็นการลดบริเวณสีเทาซึ่งเกิดจากการพิมพ์ CMY ออก แล้วแทนที่ด้วยหมึกพิมพ์สีดำ ซึ่งเป็นการแทนที่สีเทาในทุกบริเวณ

2.1.4 ภาพฮาล์ฟโทนดิจิทัล

เม็ดสกรีนทั่วไปที่สามารถเปลี่ยนแปลงขนาดขึ้นกับปริมาณหมึกพิมพ์ที่บริเวณนั้น โดยค่าความดำและเปอร์เซ็นต์ของเม็ดสกรีนขึ้นกับขนาดของเม็ดสกรีน เรียกว่า AM screen หรือ Amplitude modulation มีรูปร่างเม็ดสกรีนแตกต่างกัน โดยแต่ละรูปร่างมีลักษณะเฉพาะของการเกิดเม็ดสกรีนบวมและความสามารถในการพิมพ์ เม็ดสกรีนวงกลมให้งานพิมพ์ที่ดีที่สุดสำหรับการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี

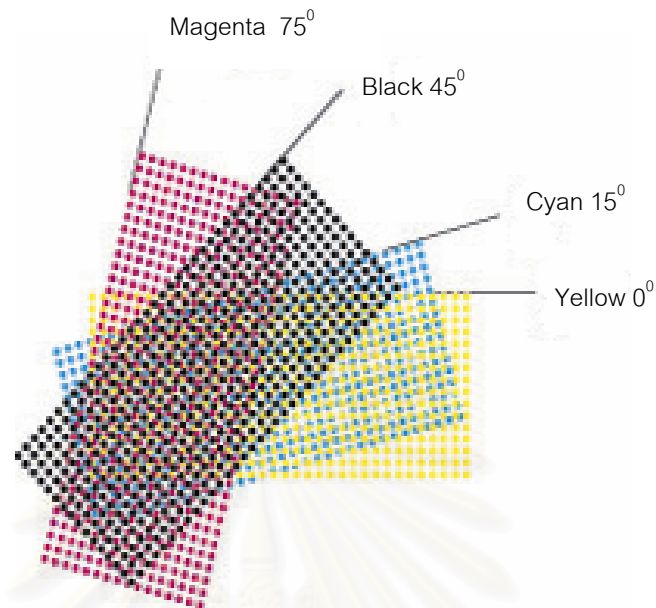
การแปลงภาพโทนต่อเนื่องไปเป็นภาพสองระดับทำได้โดยใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนเป็นตัวเปรียบเทียบในแต่ละพิกเซล ที่พิกเซลใด ๆ มีค่ามากกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนจะถูกแปลงเป็นสีขาว และพิกเซลที่มีค่าน้อยกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนก็จะถูกเปลี่ยนเป็นสีดำ คอมพิวเตอร์รู้จักตัวเลขแค่ 2 ตัว คือ 0 และ 1 (ปิด - เปิด) หรือในด้านการผลิตภาพ ก็คือ ขาวและดำ การสร้างเม็ดสกรีนขนาดต่าง ๆ ต้องรวมกลุ่มพิกเซลเข้าด้วยกันเป็นฮาล์ฟโทนเซลล์ แต่ละเซลล์มีลักษณะเป็นกริดรูปสี่เหลี่ยม ซึ่งแต่ละพิกเซลจะแสดงผล 2 แบบ คือ สีขาวหรือสีดำ ถ้าเป็นภาพบริเวณมืด พิกเซลส่วนใหญ่ในกริดจะเป็นสีดำ ในทางตรงกันข้ามที่บริเวณสว่าง พิกเซลส่วนใหญ่จะเป็นสีขาว ขึ้นกับลักษณะการจัดวางค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (threshold matrix) หลักสำคัญสำหรับการสร้างเม็ดสกรีนแบบ AM screen คือ ระยะห่างระหว่างเม็ดสกรีนเท่ากัน มีเพียงจำนวนจุดในแต่ละกริดเท่านั้นที่แตกต่างกันไป กลุ่มของจุดสีดำนี้เรียกว่า เม็ดสกรีนฮาล์ฟโทน [6], [7]

ความละเอียดสกรีน (lpi) มีค่าแปรผกผันกับจำนวนระดับสีเทา (gray levels) คือถ้าค่าความถี่สกรีนสูง ฮาร์ฟโทนเซลล์มีขนาดเล็กทำให้จำนวนพิกเซลในแต่ละเซลล์น้อย เป็นผลให้ระดับสีเทาน้อยลงตามไปด้วย ถ้าใน 1 เซลล์มี 25 พิกเซลจำนวนระดับสีเทาที่เป็นไปได้คือ 26 ระดับ (รวมถึงพิกเซลทั้งหมดทั้งที่เป็นสีขาวและสีดำ) ยิ่งจำนวนพิกเซลในแต่ละเซลล์มากเท่าไรระดับสีเทาและความกลมของเม็ดสกรีนที่ได้จะมากขึ้นเท่านั้น แต่เม็ดสกรีนจะใหญ่ไปด้วย ถ้าต้องการภาพฮาร์ฟโทนที่ละเอียดก็จะได้ระดับสีเทาและความกลมของเม็ดสกรีนลดลงตาม

$$\text{ระดับสีเทา} = \left[\frac{\text{จำนวนเม็ดสกรีนต่อนิ้ว (dpi)}}{\text{จำนวนเส้นต่อนิ้ว (lpi)}} \right]^2 + 1 \quad (2.1)$$

เมื่อทำการพิมพ์มากกว่า 2 สีขึ้นไป จำเป็นที่จะใส่หมึกสกรีนเพื่อให้เกิดการแทรกสอดของรูปแบบเม็ดสกรีนและผลที่ไม่ต้องการที่ตามมาจากการแทรกสอดคือตาเสีย เนื่องจากเส้นสกรีนที่ใช้ใกล้กันเกินไปทำให้เกิดการเสริมกัน ขณะที่มองจะเห็นเป็นลายขึ้นในบริเวณงานพิมพ์ [8], [9], [10] ในทางเรขาคณิตกำหนดมุมทำได้โดยหมึกมุมทวนเข็มนาฬิกาตามแนวนอน แต่สำหรับทางการพิมพ์กำหนดมุมสกรีนโดยหมึกมุมสกรีนตามเข็มนาฬิกาตามแนวตั้ง มุมที่มากกว่า 90 องศาจะมีสัดส่วนที่รับกัน ดังนั้นที่มุม 105 องศา จะมีค่าเท่ากับมุม 15 องศาในทางการพิมพ์ เพื่อป้องกันการเกิดตาเสีย เมื่อทำการพิมพ์สอดสีหมึกสกรีนที่ใช้กำหนดให้พิมพ์สีเข้มที่มุม 45 องศา ซึ่งเป็นมุมที่เกิดตาเสียยากที่สุด โดยที่มุม 0 หรือ 90 องศาเป็นมุมที่เกิดตาเสียง่ายที่สุดใช้พิมพ์สีอ่อน และให้แต่ละสีห่างกันไม่น้อยกว่า 30 องศา แต่เพราะว่าหมึกสกรีนมีเพียงแค่ 90 องศาจึงกำหนดให้ 3 สีห่างกัน 30 องศาและอีกหนึ่งสีห่างเพียง 15 องศา [3]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



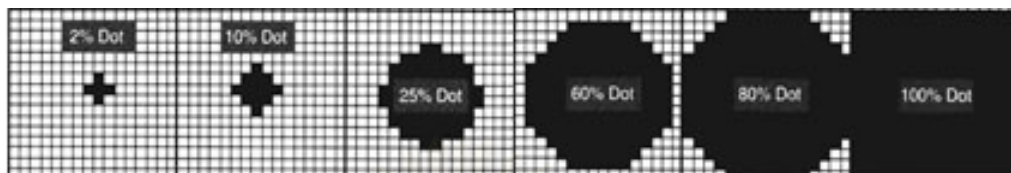
รูปที่ 2-6 มุมสกรีนที่ใช้สำหรับการพิมพ์ทั่วไป

การผลิตภาพฮาล์ฟโทนทำได้หลายวิธีรวมทั้งเทคนิคการประมวลผลที่มีข้อมูลเป็นภาพ โดยคอมพิวเตอร์สามารถอ่านและแปลงเป็นตัวเลขแล้วจึงสั่งให้กระทำอย่างหนึ่งอย่างใดที่จะทำให้ภาพนั้นประกอบด้วยเม็ดสกรีนขนาดต่าง ๆ ลดหลั่นกัน โดยสามารถคำนวณหาขนาดของค่าขีดเริ่มเปลี่ยนได้จาก

$$\text{จำนวนเม็ดสกรีนของเซลล์} = \left[\frac{\text{จำนวนเม็ดสกรีนของเครื่องส่งออก (dpi)}}{\text{ความละเอียดของภาพที่ต้องการ (lpi)}} \right]^2 \quad (2.2)$$

ซึ่งจะทำการจัดการข้อมูลแบบผ่านฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ (dither matrix) เพื่อกำหนดค่าจุดภาพใหม่ให้ได้ตามต้องการ โดยผลของการผลิตน้ำหมึกสีของงานพิมพ์จะขึ้นกับขนาดของเมทริกซ์ (nxn) และการวางตำแหน่งค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในเมทริกซ์นั้น สามารถสร้างเม็ดสกรีนแบบจุดภาพรวมกันเป็นกลุ่ม (Cluster dot) ซึ่งทำได้หลายวิธีขึ้นกับการวางตำแหน่งจุดกำเนิดของค่าขีดเริ่มเปลี่ยน [11] , [12] ในการวิจัยใช้การสร้างเม็ดสกรีนแบบ Bayer โดยหลักการเม็ดสกรีน

แบบนี้คือค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่กำหนดตำแหน่งในการวางค่าขีดเริ่มเปลี่ยนมีจุดกำเนิด 4 จุดทำให้ได้ความละเอียดของเม็ดสกรีนเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2-7 เม็ดสกรีนขนาดต่าง ๆ แบบ Cluster dot

เม็ดสกรีนที่ผลิตโดยวิธีดิจิทัลจัดเรียงตัวอยู่ในกริดซึ่งขนาดของกริดเป็นตัวกำหนดขั้นของโทนสี ถ้ากริดมีขนาดใหญ่จุดในกริดจะสามารถเรียงตัวได้หลายแบบและมีระดับสีเทา มากกว่ากริดขนาดเล็ก จำนวนจุดสีขาวและสีดำในเม็ดสกรีนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนระดับสีเทาที่เกิดขึ้นได้จากกริดกริดหนึ่ง ภาพฮาล์ฟโทนหนึ่ง ๆ จะประกอบไปด้วยกริดหลายกริดเรียงตัวกัน [12] ค่าของแต่ละพิกเซลในข้อมูลต้นฉบับจะเป็นตัวกำหนดขนาดของเม็ดสกรีน ทำให้เกิดระดับสีเทาเหมือนต้นฉบับ วิธีการผลิตภาพฮาล์ฟโทนในลักษณะลำดับขั้น ตั้งแต่ 0 เปอร์เซ็นต์ จนถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับรายละเอียด (resolution) และความถี่สกรีน (screen ruling)

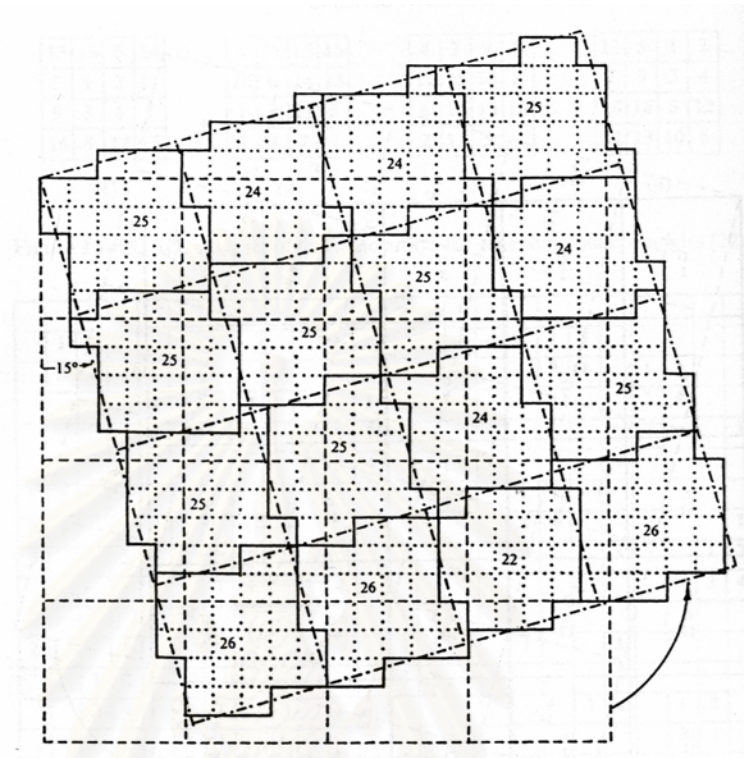
2.1.5 เทคนิค Rational - Irrational tangent

Rational - Irrational tangent เป็นเทคนิคการหมุนมุมสกรีน โดยแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มขนาดและรูปร่างไม่เท่ากัน เนื่องจากมีสัดส่วนการแปลงค่าข้อมูลแบบไม่เป็นจำนวนเต็ม ทำให้สามารถหมุนมุมสกรีนได้ทุกมุม [13], [14]

ในการทำงานเริ่มต้นที่ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน 0 องศา และเมื่อต้องการสร้างมุมสกรีนโดยเทคนิค irrational tangent หลังจากหมุนมุมไปที่มุม θ ของภาพต้นฉบับ จะได้ค่านั่นที่ตำแหน่งใหม่ (x', y') จากตำแหน่งเดิม (x, y) [16]

$$x' = x \cos \theta - y \sin \theta$$

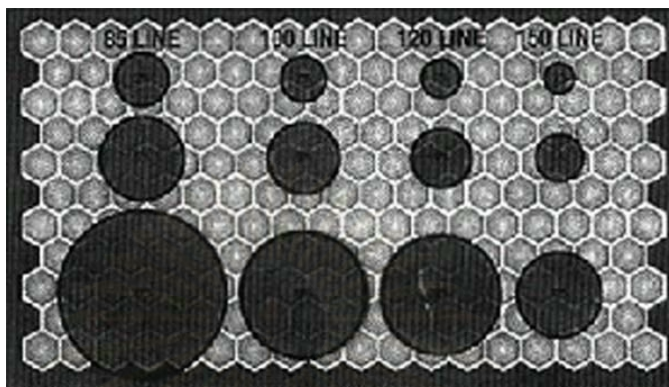
$$y' = y \cos \theta + x \sin \theta \quad (2.3)$$



รูปที่ 2-8 การหมุนมุมสกรีน 15 องศาที่ขนาดเซลล์ 5x5 พิกเซล

2.1.6 การเกิดตาเสือในการพิมพ์สอดสีเฟล็กโซกราฟี

การใช้ลูกกลิ้งแอนิลอกซ์ที่มีสัดส่วนระหว่างจำนวนแอนิลอกซ์เซลล์ต่อนิ้วบน ลูกกลิ้งแอนิลอกซ์และจำนวนเส้นสกรีนต่อนิ้วของงานพิมพ์มีค่าน้อยกว่า 4:1 จะมีผลทำให้เกิดตาเสือ เนื่องจากเม็ดสกรีนมีขนาดเล็กกว่าความกว้างของปากบ่อ แม่พิมพ์ได้รับหมึกพิมพ์มากเกินไป ทำให้เกิดเม็ดสกรีนบวม ในทางตรงข้าม หากบริเวณเม็ดสกรีนบนแม่พิมพ์กดพิมพ์ตรงกับบริเวณ กำแพงเซลล์บนลูกกลิ้งแอนิลอกซ์ ทำให้ไม่ได้รับหมึกพิมพ์และพิมพ์ไม่ติด จึงควรใช้ลูกกลิ้งแอนิลอกซ์ที่มีจำนวนแอนิลอกซ์เซลล์ต่อนิ้วอย่างน้อยเป็น 4 เท่าของจำนวนเส้นสกรีนของงานพิมพ์ หรือทำการลดจำนวนเส้นสกรีนต่อนิ้วของงานพิมพ์ลงสำหรับงานพิมพ์ที่ไม่ต้องการคุณภาพสูง



รูปที่ 2-9 เม็ดสกรีนความละเอียด 85, 100, 120, 150 เส้นต่อนิ้ว บนแอนิลอกซ์เซลล์ ความละเอียด 800 เส้นต่อนิ้ว ที่กำลังขยาย 1 เซนติเมตร ต่อ 25 ไมครอน

อีกสาเหตุที่ทำให้เกิดตาเสียจากลูกกิ้งแอนิลอกซ์ มุมการเรียงตัวของแอนิลอกซ์เซลล์ไม่เหมาะสมกับมุมสกรีนของภาพฮาล์โทนในฟิล์มแยกสี เช่น ใช้ลูกกิ้งแอนิลอกซ์ที่ป่อหมึกเรียงตัว 45 องศา กับแกนลูกกิ้ง กับภาพฮาล์โทนสกรีนสีดำที่ใช้มุมสกรีน 45 องศา ทำให้เกิดตาเสีย ดังนั้นในการแยกสีลงเม็ดสกรีนสำหรับภาพพิมพ์สอดสีในระบบเพล็กโซกราฟี จึงนิยมเบี่ยงมุมสกรีนไปจากการแยกสีสำหรับการพิมพ์ออฟเซตไปที่มุมสกรีนมากกว่าหรือน้อยกว่า 7.5 องศา เมื่อมีการเปลี่ยนมุมสกรีนสีหนึ่งต้องมีการเปลี่ยนมุมสกรีนสีอื่นด้วย โดยแต่ละสียังคงแตกต่างกัน 30 องศาเท่าเดิม [1], [15]

2.2 วรรณกรรมปริทรรศน์

2.2.1 การสร้างเม็ดสกรีน

Hel-Or et al., [16] เทคนิคการสร้างเม็ดสกรีนแบบ cluster dot dithering แสดงให้เห็นว่าขนาดของเซลล์มีผลต่อคุณภาพของเม็ดสกรีน โดยวัดจากความละเอียดของภาพและการผลิตน้ำหมึกสี ที่เซลล์ขนาดใหญ่จะให้ภาพที่มีน้ำหนักที่ดีแต่ขาดรายละเอียดของภาพไปในทางกลับกันเซลล์ที่มีขนาดเล็กให้ภาพที่มีน้ำหนักไม่ค่อยดีแต่แสดงรายละเอียดของภาพดี ดังนั้นในการเลือกใช้น้ำหนักของเซลล์ควรเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะงานที่ใช้

จุฬารัตน์ กัลยาจิตรโกศล [17] ศึกษาขั้นตอนวิธีในการสร้างเม็ดสกรีนสำหรับการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี ทำการเปรียบเทียบคุณภาพกับซอฟต์แวร์สำเร็จรูปที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรม โดยกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนหลายจุดกำเนิดเพื่อสร้างเม็ดสกรีนวงกลม พบว่าที่ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนขนาด 50x50 พิกเซล ที่ความละเอียด 50 เส้นต่อนิ้ว ให้เม็ดสกรีนที่ดีกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนขนาด 24x24 พิกเซล ใช้เทคนิค Cluster-dot-ordered dither

2.2.2 การสร้างมูมสกรีน

Levien [18] คิดค้นระบบการสร้างรูปแบบฮาล์ฟโทนสกรีนสำหรับการคำนวณภาพฮาล์ฟโทนซึ่งหมุนมูมหลากหลายโดยใช้เทคนิค rational - irrational tangent โดยทำการเก็บข้อมูลที่หลากหลายให้มีความต่อเนื่องตามมูมสกรีนที่กำหนด ผลที่ได้รับคือรูปแบบการหมุนมูมสกรีนได้หลากหลายองศาตามต้องการ โดยขนาดและรูปร่างของเซลล์แตกต่างกัน

Kang [14] อธิบายการหมุนมูมสกรีนของดิจิทัลฮาล์ฟโทนเซลล์ ซึ่งประกอบด้วยพิกเซลด้วยวิธีการสร้างมูมสกรีนแบ่งเป็น Rational และ Irrational tangent การทำงานของ Rational tangent ทำการแบ่งฮาล์ฟโทนเซลล์ออกเป็นขนาดและรูปร่างเท่ากัน โดยการจัดเรียงขึ้นกับกริดซึ่งเป็นข้อจำกัดของการหมุนมูม เพราะไม่สามารถหมุนมูมได้ทุกองศาที่ต้องการ จึงมีการใช้ Irrational tangent ซึ่งไม่ขึ้นกับกริดทำให้สามารถหมุนมูมสกรีนได้ทุกองศา โดยขนาดและรูปร่างของเซลล์ไม่เท่ากัน

Ashworth [19] ทดลองเปลี่ยนรูปร่างของเม็ดสกรีนวงกลมเป็นวงรี มุงประเด็นไปที่ส่วนกลับของเม็ดสกรีนในบริเวณส่วนสว่าง และบริเวณที่ไม่ได้พิมพ์ในส่วนที่บ การทดลองยึดมูมสกรีน 45 องศาเป็นหลัก โดยใช้เทคนิค Rational - Irrational tangent ในการหมุนมูมสกรีน ทำการยึดบริเวณส่วนกลับที่ต้องการโดยกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนใหม่เฉพาะบริเวณ ทำให้บริเวณที่เป็นวงกลมกลายเป็นวงรี และหมุนมูมตามต้องการ เพื่อทดลองพิมพ์ร่วมกับเม็ดสกรีนปกติว่าสามารถลดการเกิดเม็ดสกรีนบวมและตาเสือ

Arai and Ishikawa [20] สร้างเม็ดสกรีนสำหรับการสร้างภาพโดยใช้ผงสี โดยผ่านค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่มีค่าในแต่ละพิกเซลเท่ากันหลายค่า เพื่อให้ได้เม็ดสกรีนที่มีเส้นรอบรูปขนาดต่างกัน และใช้เทคนิค Rational - Irrational tangent ในการหมุนมูมสกรีน ก่อนทำการส่ง

สัญญาจะไปสร้างภาพบนสายพานเพื่อรับผงสีต่อไป จากการทดลองผงสีอ่อนทำให้เกิดตาเสียมากกว่าผงสีเข้ม

2.2.3 การแยกสีสำหรับระบบการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี

สุวัช นันทรี [21] ทำมาตรฐานกระบวนการแยกสีสำหรับระบบการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี โดยใช้ข้อมูลลักษณะจำเพาะของปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพิมพ์นี้ ได้แก่ กราฟแสดงค่าความดำและการเกิดเม็ดสกปรกในบวมของการพิมพ์แต่ละสี และสมมูลสีเทา นำค่าที่ได้พร้อมกำหนดน้ำหนักสีภาพที่ต้องการและชนิดของแม่พิมพ์ดำ มาคำนวณการผลิตน้ำหนักสีของฟิล์มแยกสี CMYK ผ่านโปรแกรมที่สร้างขึ้น



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุ

3.1.1.1 फिल्मเครื่องผลิตฟิล์ม

: Fuji No.4LDW (HRD)

: Fuji LD-M1060

3.1.1.2 น้ำยาสร้างภาพ

: Fuji HR Developer HR-D1

3.1.1.3 น้ำยาคงสภาพ

: Fuji Grandex Fixer GR-F1

3.1.1.4 แม่พิมพ์เพล็กซ์โคราฟี

: BASF FAH ความหนา 1.7 มิลลิเมตร

3.1.1.5 น้ำยาล้างแม่พิมพ์เพล็กซ์โคราฟี

: Nylosolve

3.1.1.6 ตัวทำละลาย

: IPA (isopropyl alcohol)

3.1.1.7 แผ่นรองแม่พิมพ์

: 3M Medium 1020

3.1.1.8 วัสดุพิมพ์

: กระดาษไม่เคลือบผิว ขนาด A4 น้ำหนัก 80 g/m²

: แผ่นใสชนิดถ่ายเอกสาร ขนาด A4 (สำหรับการพิมพ์อิงก์เจ็ต)

: เอะเวอรี เดนิสตัน (ประเทศไทย) Fasson AW1120

: LLDPE (Linear Low Density Polyethylene)

3.1.1.9 หมึกชุดพิมพ์สอดสี

: ฐานตัวทำละลาย, ซิกป้า (ประเทศไทย)

- หมึกพิมพ์สีเหลือง รหัส KC-2624P

- หมึกพิมพ์สีม่วงแดง รหัส KC-2625

- หมึกพิมพ์สีน้ำเงินเขียว รหัส KC-2626PN

- หมึกพิมพ์สีดำ รหัส KC-2627

3.1.2 อุปกรณ์

3.1.2.1 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

: Pentium Celeron 533 MHz.

3.1.2.2 ซอฟต์แวร์

: Adobe Illustrator version 9.0

: Adobe PhotoShop version 6.0

: Microsoft Visual C++ version 6

3.1.2.3 เครื่องผลิตฟิล์ม (Imagesetter)

: Linotype-Hell Linotronic 260

: Katana Katana 5055

3.1.2.4 เครื่องพิมพ์เลเซอร์ (Laser printer)

: Apple LaserPro630

3.1.2.5 เครื่องพิมพ์อิงค์เจต (inkjet printer)

: Canon BJC8500

: Canon BJC3000

3.1.2.6 เครื่องผลิตแม่พิมพ์เพล็กซ์โซกราฟี

: BASF Combi L FII

: BASF Combi L FIII

3.1.2.7 เครื่องพิมพ์เฟล็กโซกราฟี

: Rotary Koater

: Aquaflex แบบเรียงแถว

3.1.2.8 ถ้วยวัดความหนืด

: DIN cup

3.1.2.9 เครื่องวัดค่าความดำ (Densitometer)

: Macbeth Corporation RD915

: Ihara Electronic Ind. Color reflection R730

: Ihara Electronic Ind. Transmission T500

3.1.2.10 เครื่องวัดสี (Spectrophotometer)

: GRETAG SPM50

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 ออกแบบภาพทดสอบและแถบสี

ในการวิเคราะห์คุณภาพงานพิมพ์จะใช้ภาพทดสอบและแถบสีเป็นตัวแสดงผลการทดลอง โดยเลือกใช้มุมสกรีนปกติสำหรับการพิมพ์ออฟเซตและมุมสกรีนเบี่ยง -7.5 องศา ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม ทำการทดสอบมุมสกรีน ซึ่งแบ่งเป็น 4 การทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 ภาพทดสอบและแถบสีในการพิมพ์ 1 รอบ

ภาพทดสอบขนาด 12000x9000 พิกเซล และแถบสีขนาด 12000x11110 พิกเซล แบ่งเป็น

(ธ-1) เม็ดสกรีนขนาด 50x50 พิกเซล ความละเอียด 50 เส้นต่อนิ้ว มุมสกรีน
C = 7.5 องศา, M = 67.5 องศา, Y = 82.5 องศา, K = 37.5 องศา

(ธ-2) เม็ดสกรีนขนาด 26x26 พิกเซล ความละเอียด 100 เส้นต่อนิ้ว มุมสกรีน
C = 7.5 องศา, M = 67.5 องศา, Y = 82.5 องศา, K = 37.5 องศา

(ธ-3) เม็ดสกรีนขนาด 26x26 พิกเซล ความละเอียด 100 เส้นต่อนิ้ว มุมสกรีน
C = 15 องศา, M = 75 องศา, Y = 0 องศา, K = 45 องศา มีการชดเชยเม็ดสกรีนรวม

(ธ-4) เม็ดสกรีนขนาด 26x26 พิกเซล ความละเอียด 100 เส้นต่อนิ้ว มุมสกรีน
C = 15 องศา, M = 45 องศา, Y = 0 องศา, K = 75 องศา มีการชดเชยเม็ดสกรีนรวม

แถบสีขนาด 10000x9327 พิกเซล แบ่งเป็น

(น-1) เม็ดสกรีนขนาด 50x50 พิกเซล ความละเอียด 50 เส้นต่อนิ้ว มุมสกรีน
C = 15 องศา, M = 75 องศา, Y = 0 องศา, K = 45 องศา

(น-2) เม็ดสกรีนขนาด 50x50 พิกเซล ความละเอียด 50 เส้นต่อนิ้ว มุมสกรีน
C = 7.5 องศา, M = 67.5 องศา, Y = 82.5 องศา, K = 37.5 องศา

(น-3) เม็ดสกรีนขนาด 26x26 พิกเซล ความละเอียด 100 เส้นต่อนิ้ว มุมสกรีน
C = 15 องศา, M = 75 องศา, Y = 0 องศา, K = 45 องศา

(น-4) เม็ดสกรีนขนาด 26x26 พิกเซล ความละเอียด 100 เส้นต่อนิ้ว มุมสกรีน
C = 7.5 องศา, M = 67.5 องศา, Y = 82.5 องศา, K = 37.5 องศา

ภาพทดสอบขนาด 10000x7500 พิกเซล ใช้มาตรฐานการแยกสี [21] แบ่งเป็น

(บ-1) เม็ดสกรีนขนาด 50x50 พิกเซล ความละเอียด 50 เส้นต่อนิ้ว มุมสกรีน
C = 15 องศา, M = 75 องศา, Y = 0 องศา, K = 45 องศา

(บ-2) เม็ดสกรีนขนาด 50x50 พิกเซล ความละเอียด 50 เส้นต่อนิ้ว มุมสกรีน
C = 7.5 องศา, M = 67.5 องศา, Y = 82.5 องศา, K = 37.5 องศา

(บ-3) เม็ดสกรีนขนาด 26x26 พิกเซล ความละเอียด 100 เส้นต่อนิ้ว มุมสกรีน
C = 15 องศา, M = 75 องศา, Y = 0 องศา, K = 45 องศา

(บ-4) เม็ดสกรีนขนาด 26x26 พิกเซล ความละเอียด 100 เส้นต่อนิ้ว มุมสกรีน
C = 7.5 องศา, M = 67.5 องศา, Y = 82.5 องศา, K = 37.5 องศา

ภาพทดสอบแสดงในรูปที่ 3-2 ทำการวิเคราะห์ภาพโดยใช้ตาเปล่า โดยจุดสำคัญ
อยู่ที่บริเวณไหมพรม ซึ่งแสดงความละเอียดและความต่อเนื่องของงานพิมพ์



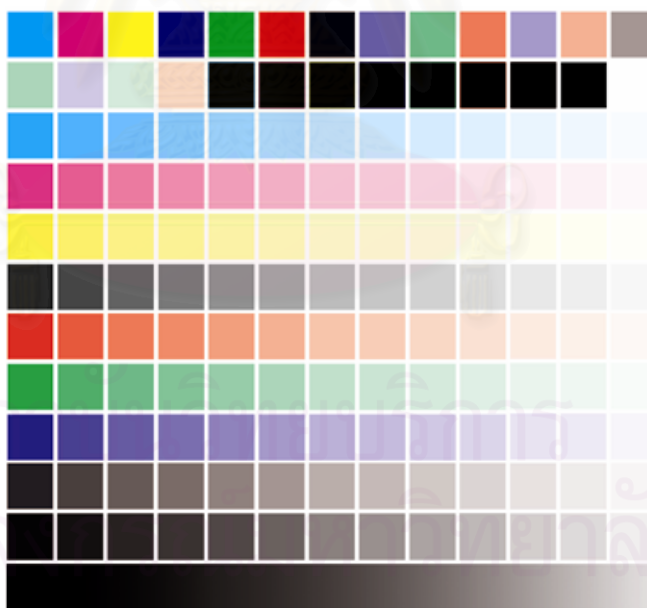
รูปที่ 3-2 ภาพทดสอบ

แถบสี ทำการวิเคราะห์แถบสีเพื่อควบคุมคุณภาพงานพิมพ์ รูปแบบแถบสีที่แสดงในรูปที่ 3-3 ประกอบด้วย การพิมพ์พื้นตาย ในแถวที่ 1 และ 2 ทำการวัดโดยใช้เครื่องวัดค่าความดำ และเครื่องวัดสี ความสำคัญอยู่ที่แถบไล่น้ำหนักซึ่งจะแสดงการผลิตน้ำหนักสีของงานพิมพ์

แถบสีประกอบด้วย แถบที่ 1-2 (หมึกพิมพ์-เปอร์เซ็นต์สีกรีน)

C	M	Y	MC	YC	YM	YMC	MC	YC	YM	MC	YM	YMC
100	100	100	100	100	100	100	70	70	70	40	40	40
YC	MC	YC	YM	CK	MK	YK	MCK	YCK	YMK	YMC	K	
40	20	20	20	100	100	100	100	100	100	K100	100	

แถบที่ 3-11 ไล่น้ำหนักสี จาก 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 25, 20, 15, 10, 7, 3 เปอร์เซ็นต์ ของหมึกพิมพ์ C, M, Y, K, YM, YC, MC, YMC, YMCK จากบนลงล่าง และแถบที่ 13 ไล่น้ำหนักสีต่อเนื่องของหมึกพิมพ์ YMCK



รูปที่ 3-3 แถบสี

รวมทั้งตัวหนังสือแบบ Garamond ขนาด 18, 14, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5 และ 4 พอยต์ และลายเส้นขนาด 1.76, 1.41, 1.06, 0.71, 0.35, 0.26, 0.18, 0.09, 0.07, 0.05 และ 0.01 มิลลิเมตร สำหรับการตรวจสอบความสามารถของเครื่องพิมพ์

3.2.2 การแยกสี

AM screen เป็นกระบวนการผลิตเม็ดสกรีนชนิดหนึ่งที่ผลิตนำหน้าสีโดยเม็ดสกรีนที่มีขนาดต่างกัน ที่ฮาล์ฟโทนเซลล์ขนาดเท่ากัน ในกระบวนการผลิตเม็ดสกรีน มีการกำหนดเมทริกซ์ที่มีขนาดเท่ากับขนาดฮาล์ฟโทนเซลล์ ซึ่งเก็บค่าต่าง ๆ สำหรับการผลิตนำหน้าสี จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าขีดเริ่มเปลี่ยนกับข้อมูลย่อยของภาพ โดยค่าในเมทริกซ์มีจุดกำเนิดจากตรงกลางไล่ระดับออกไปจนถึงขอบ ขนาดและรูปร่างของเม็ดสกรีนขึ้นกับลักษณะของค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่กำหนดขึ้น

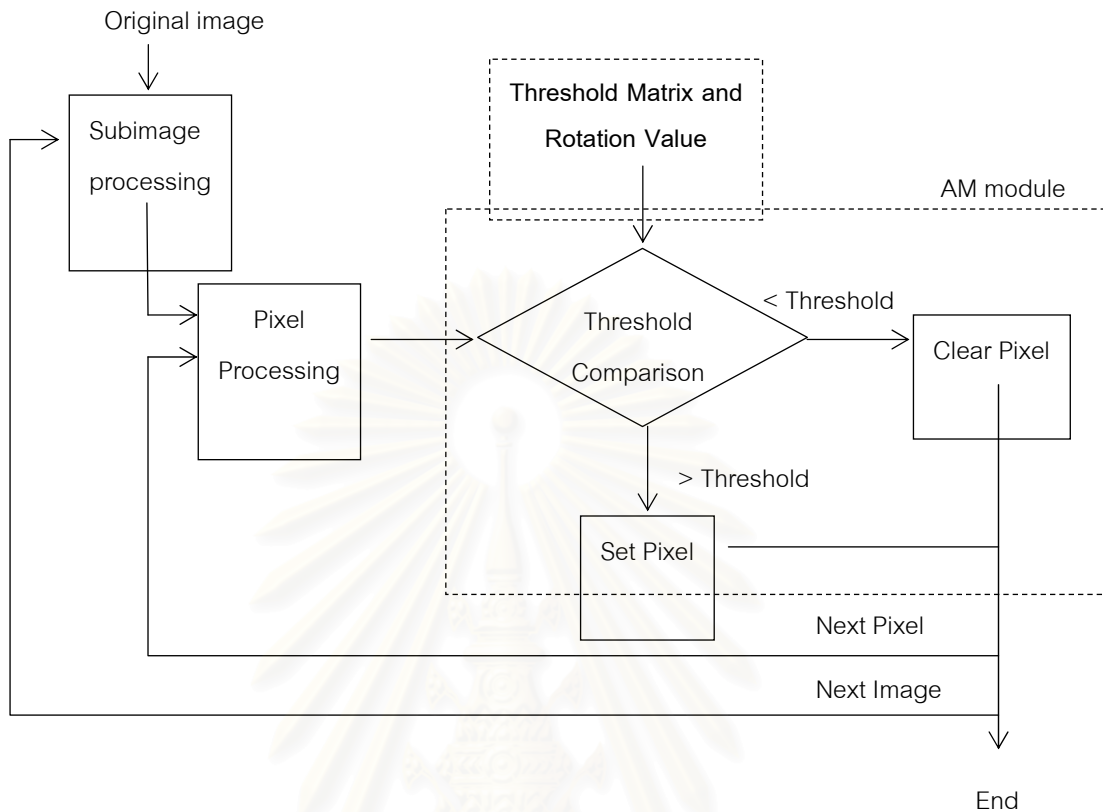
ขั้นตอนการเตรียมภาพจากภาพต้นฉบับสีทำการแยกสีเป็นภาพสีเทาของแต่ละสีในการทดสอบครั้งแรก และใช้ซอฟต์แวร์ประยุกต์มาตรฐานกระบวนการแยกสีสำหรับการพิมพ์เพลตโซกราฟี [21] ทำการจัดการข้อมูลภาพตามขอบเขตการทำงานวิจัย จัดการความละเอียดของภาพให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ส่งออก ภาพที่ได้ทำการเก็บข้อมูลในรูปแบบของไฟล์ .RAW เนื่องจากความสะดวกในการจัดเก็บข้อมูล

3.2.3 ขั้นตอนวิธีการจัดการภาพ

ขั้นตอนวิธีและกระบวนการจัดการภาพโดยใช้โปรแกรม C++ โปรแกรมจะทำงานตั้งแต่เปิดข้อมูลภาพไปจนถึงการจัดเก็บข้อมูลภาพสองระดับในรูปแบบของไฟล์ .RAW

3.2.3.1 ขั้นตอนวิธีการสร้างเม็ดสกรีน

ในการสร้างเม็ดสกรีนมีการเปรียบเทียบค่าข้อมูลของภาพต้นฉบับกับค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่จัดเรียงขึ้น ซึ่งขนาดของเมทริกซ์สัมพันธ์กับความละเอียดของงานที่ต้องการและความสามารถของอุปกรณ์ส่งออก จากงานวิจัยการสร้างเม็ดสกรีนสำหรับการพิมพ์เพลตโซกราฟี [17] ใช้เทคนิค Cluster ordered dither สร้างเมทริกซ์ขนาด 50x50 พิกเซล ผลิตเม็ดสกรีนกลมความละเอียด 50 เส้นต่อนิ้ว เนื่องจากความสามารถสูงสุดของอุปกรณ์ส่งออกอยู่ที่ 2540 จุดต่อนิ้ว เมื่อต้องการความละเอียดของงานพิมพ์เพิ่มขึ้นจึงสร้างเมทริกซ์ขนาด 26x26 พิกเซล สำหรับงานพิมพ์ความละเอียด 100 เส้นต่อนิ้ว



รูปที่ 3-4 การทำงานของขั้นตอนวิธีการสร้างเมตสกรีนและมูสกรีนแบบ AM screen

3.2.3.2 ขั้นตอนการสร้างมูสกรีน

ขั้นตอนวิธีการสร้างมูสกรีนเป็นขั้นตอน 1 ใน 2 วิธีที่มีผลต่อคุณภาพของงานพิมพ์ 4 สี ในขั้นตอนวิธีนี้ทำการหมุนภาพไปยังมูสกรีนที่เหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงการสร้างมูสกรีน เริ่มต้นหมุนภาพจาก 0 องศา ไปยังมูสกรีนอื่น ๆ ดังนั้นจึงต้องการขั้นตอนวิธีที่สามารถหมุนมูสกรีนที่หลากหลาย ด้วยเทคนิค Rational – Irrational tangent ทำการเคลื่อนย้ายข้อมูลภายในเมทริกซ์ที่สร้างเมตสกรีนแล้วไปยังตำแหน่งของมูสกรีนที่ต้องการ

ขั้นตอนวิธีการสร้างเมตสกรีนและมูสกรีน เริ่มจากการแบ่งข้อมูลภาพออกเป็นข้อมูลย่อยขนาดเท่ากับขนาดของค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่สร้างขึ้น โดยทำการเปรียบเทียบไล่ตั้งแต่พิกเซลแรกบนสุดซ้ายมือไปทางขวาและลงด้านล่างจนครบทั้งเซลล์ และทำการเปรียบเทียบจนครบทุกเซลล์ของภาพ และใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนแบบ 50 เปอร์เซ็นต์ ของซอฟต์แวร์ประยุกต์ ทำการแปลงข้อมูลภาพที่ได้เป็นภาพบิตแมป (bitmap) จากนั้นจัดเก็บภาพในรูปแบบไฟล์ .TIF เพื่อความเหมาะสมในการทำงานขั้นตอนต่อไป

3.2.4 ขั้นตอนการส่งออกข้อมูล

ใช้ซอฟต์แวร์ประยุกต์ทำการชดเชยการบิดเบี้ยวของภาพ ก่อนทำการส่งออกไฟล์ข้อมูลภาพ ซึ่งภาพที่เป็นบิตแมป (bitmap) เหมาะกับเส้นกริดของอุปกรณ์ส่งออกหรืออุปกรณ์ส่งออกคุณภาพสูง

3.2.5 ขั้นตอนการปฐพี

3.2.5.1 ปฐพี 1 สี โดยใช้เครื่องพิมพ์เฟล็กโซกราฟี Rotary Koater แบบป้อนม้วนหน้าแคบ (Narrow web) ระบบใบมีดปาดหมึก ลูกกลิ้งแอนิลอกซ์ 60 องศา ความละเอียด 800 เส้นต่อนิ้ว หมึกพิมพ์ฐานน้ำ บนกระดาษขาวมัน เพื่อตรวจสอบความสามารถในการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีก่อนทำการพิมพ์ทดสอบพิมพ์สอดสี

3.2.5.2 ทำการปฐพีภาพสอดสี โดยใช้การปฐพีโครมาลิน (Chromalin)

3.2.6 ขั้นตอนการผลิตแม่พิมพ์

ทำการผลิตฟิล์มเนกาทีฟที่มีค่าความดำในส่วนพื้นตายไม่น้อยกว่า 3.5 และในส่วนใสไม่มากกว่า 0.06 ก่อนทำการผลิตแม่พิมพ์โฟโตพอลิเมอร์ ความหนา 1.7 มิลลิเมตร

3.2.7 ขั้นตอนการพิมพ์

ทำการพิมพ์สอดสี โดยเครื่องพิมพ์เฟล็กโซกราฟีแบบเรียงแถว ป้อนม้วนหน้าแคบ ระบบใบมีดปาดหมึก ลูกกลิ้งแอนิลอกซ์ 60 องศา ความละเอียด 800 เส้นต่อนิ้ว หมึกชุดพิมพ์สอดสีฐานตัวทำละลาย บนฟิล์มพลาสติก Linear Low Density Polyethylene

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

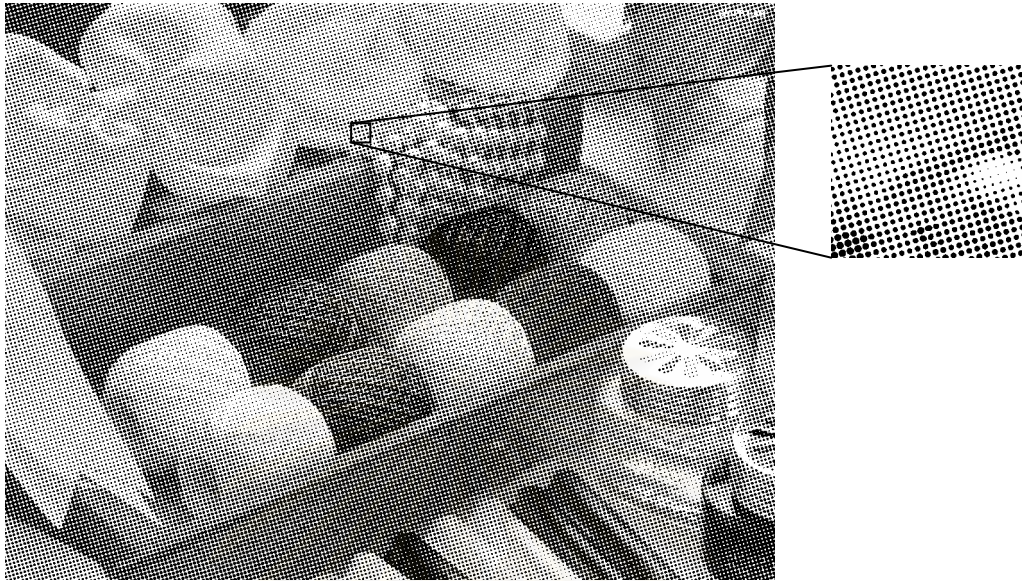
4.1 การทดลองการหมนหมมสกรีน

4.1.1 การหมนหมมสกรีน

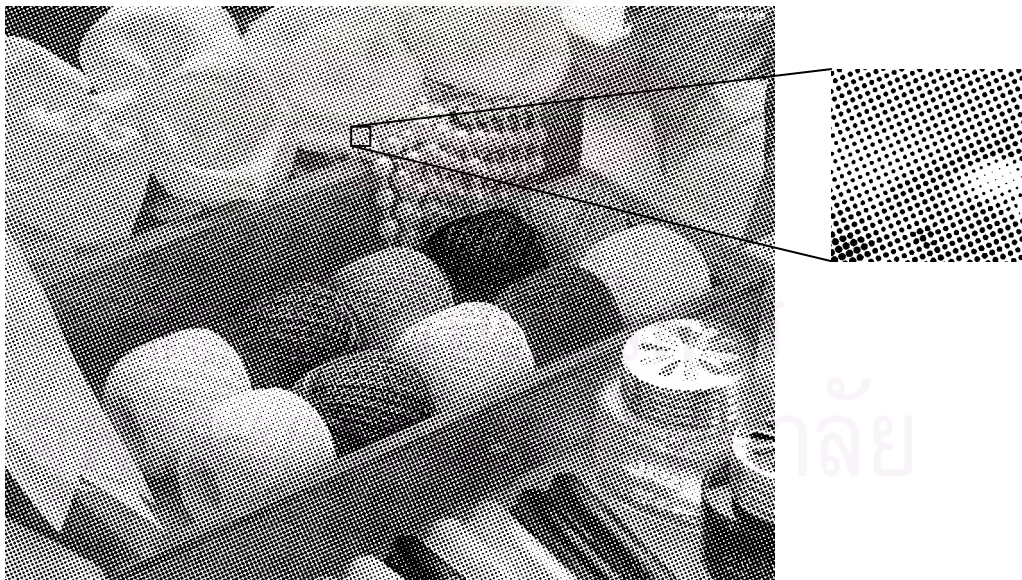
ผลการทดสอบหมนหมมสกรีนที่องศาสกรีนต่าง ๆ บนจอมอนิเตอร์และส่งพิมพ์ออกเครื่องผลิตฟิล์ม Linotronic 260 ภาพทดสอบขนาด 10000x7500 พิกเซล ความละเอียด 50 เส้นต่อนิ้ว และภาพขยายที่มุมสกรีนเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 4-1 ถึง 4-11



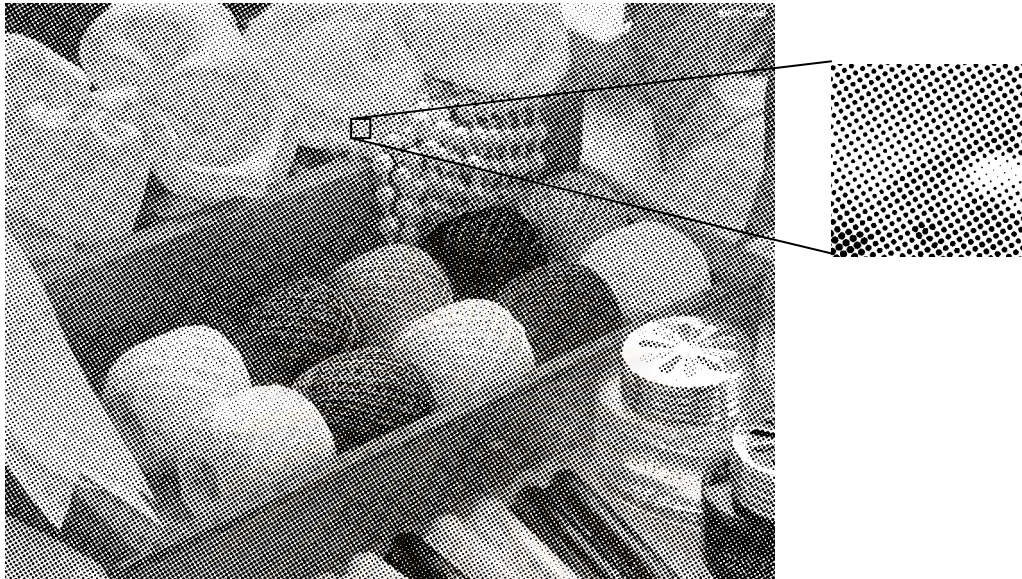
รูปที่ 4-1 ภาพทดสอบที่มุมสกรีน 8 องศา



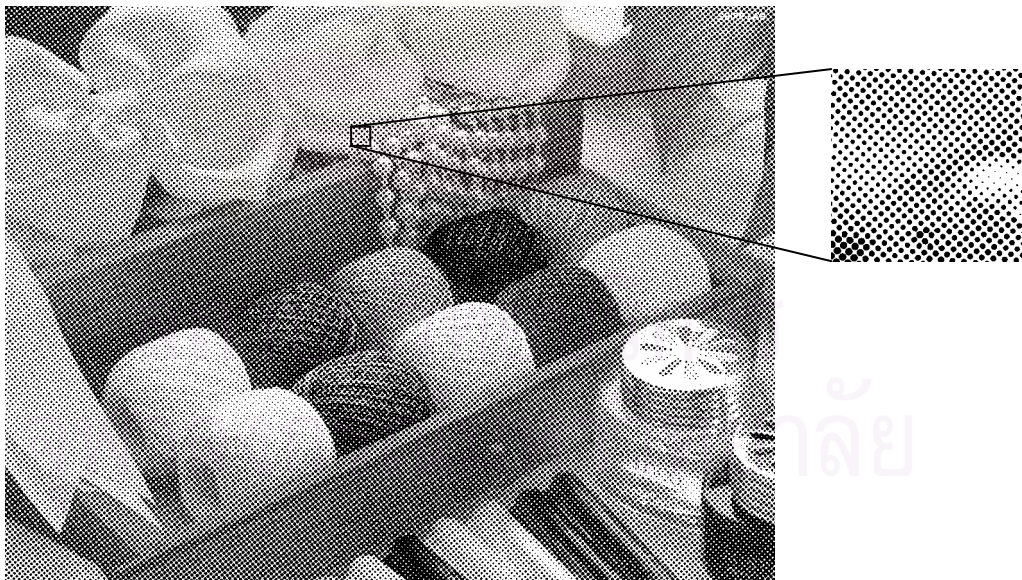
รูปที่ 4-2 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 16 องศา



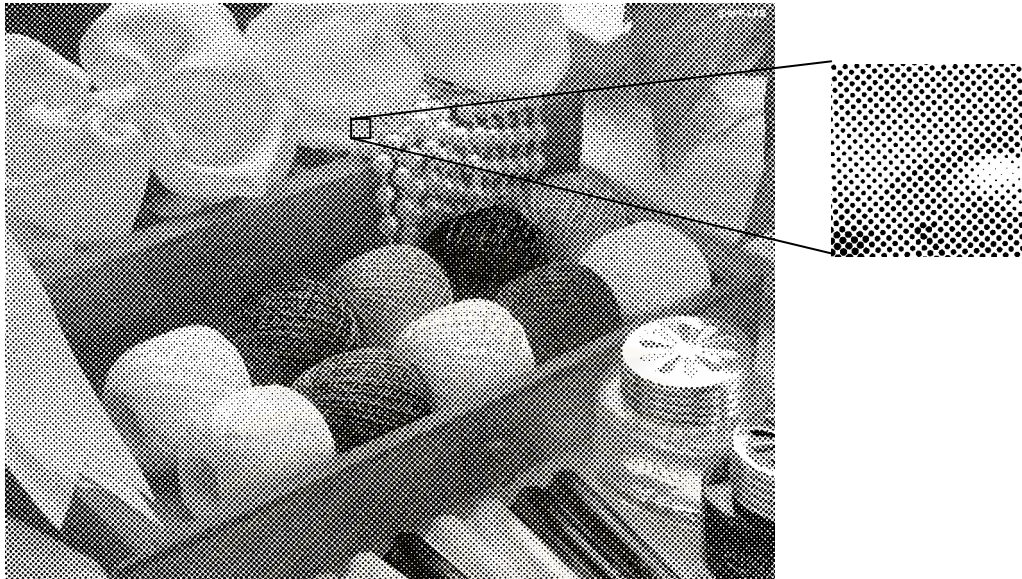
รูปที่ 4-3 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 24 องศา



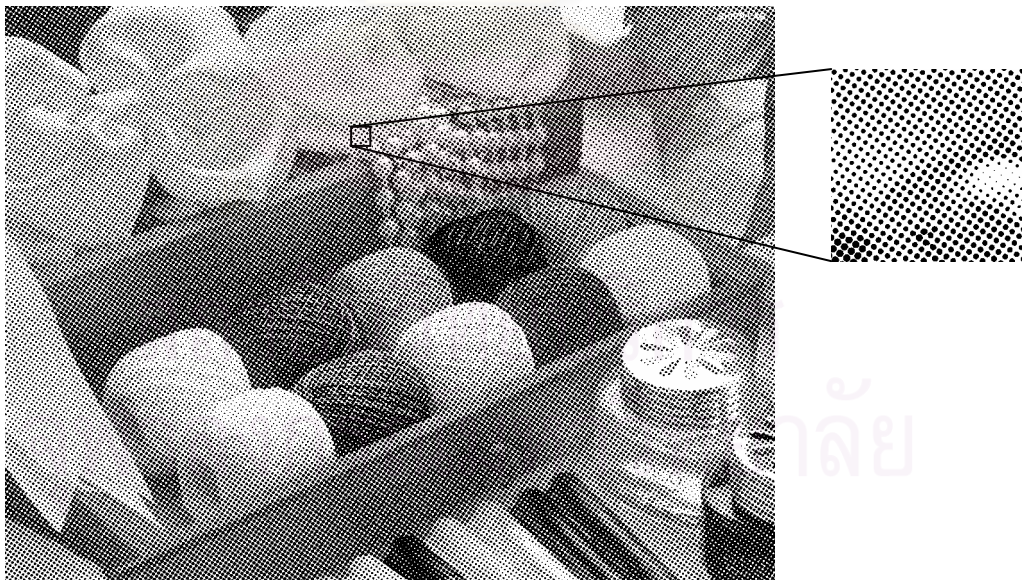
รูปที่ 4-4 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 32 องศา



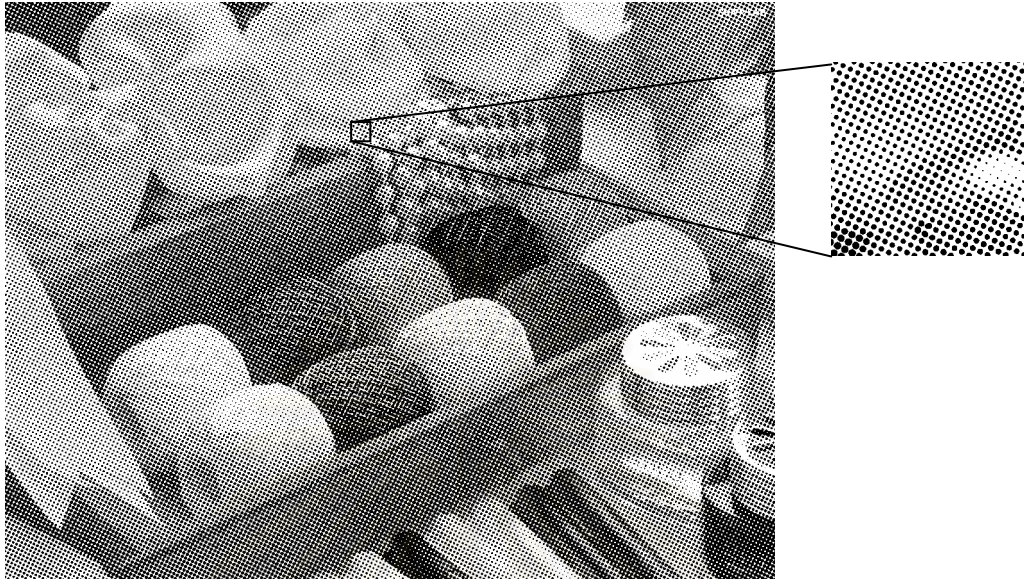
รูปที่ 4-5 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 40 องศา



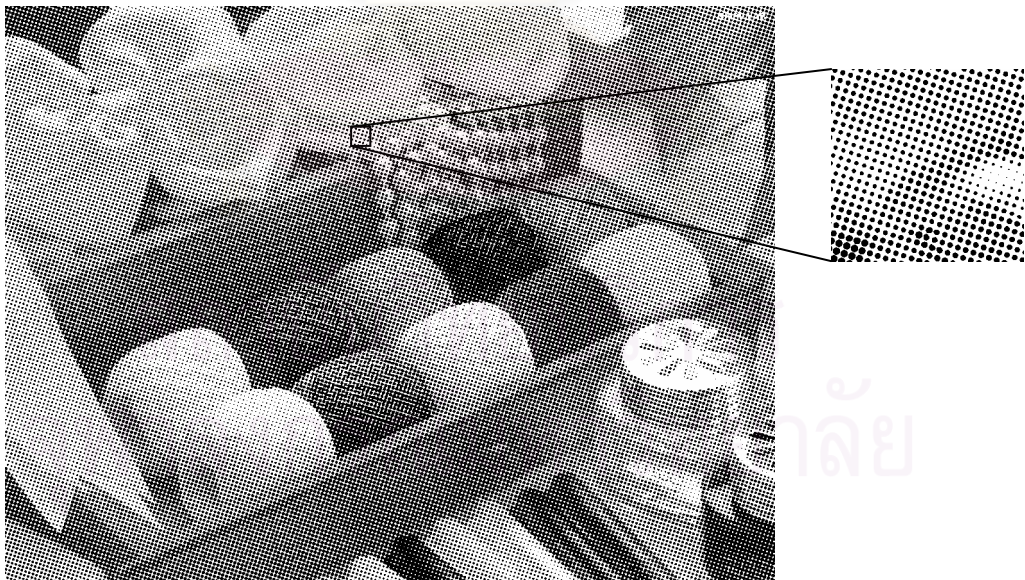
รูปที่ 4-6 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 48 องศา



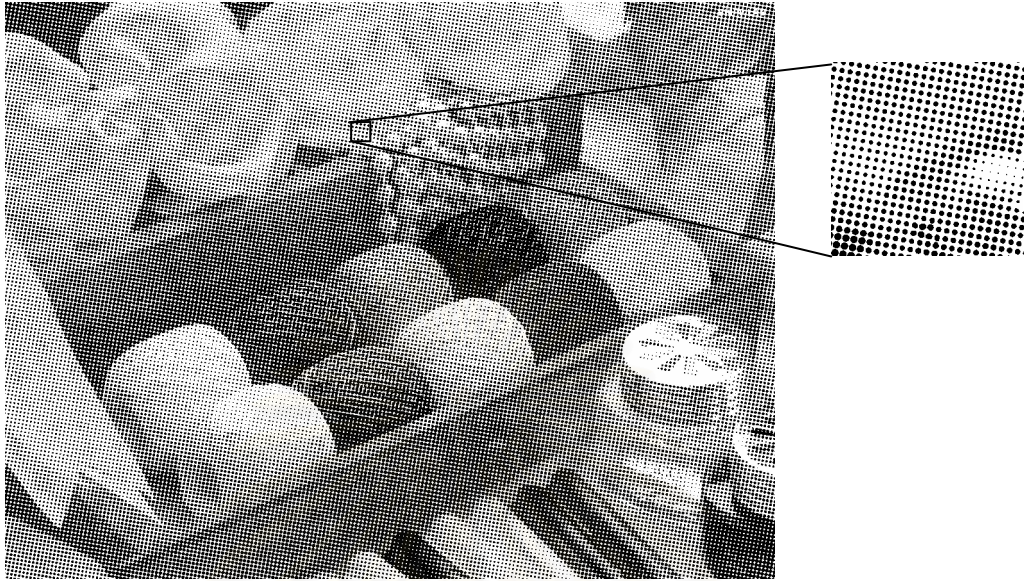
รูปที่ 4-7 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 56 องศา



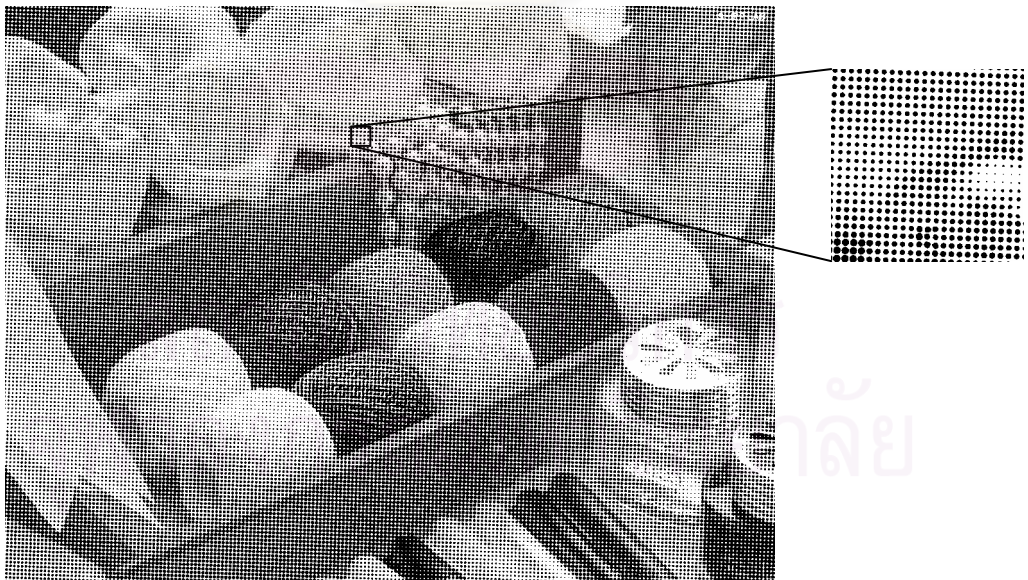
รูปที่ 4-8 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 64 องศา



รูปที่ 4-9 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 72 องศา



รูปที่ 4-10 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 80 องศา



รูปที่ 4-11 ภาพทดสอบที่มุ่มสกรีน 88 องศา

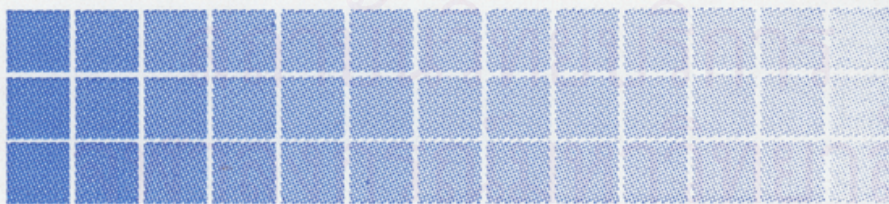
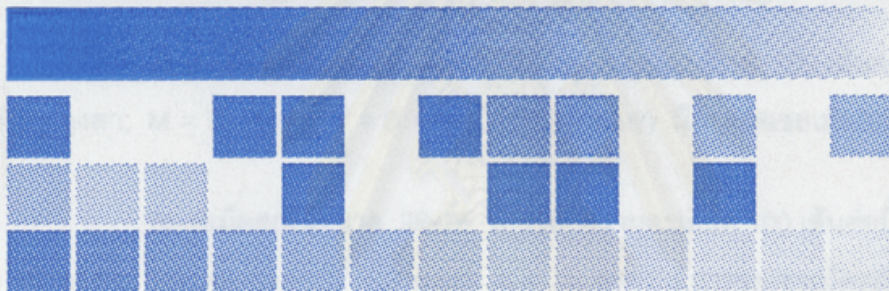
4.1.2 ปฐพี 1 สี

ผลการทดสอบการพิมพ์ภาพทดสอบ 1 สี ขนาด 12000x9790 พิกเซล หมึกพิมพ์สีน้ำเงินอมเขียว มุมสกรีน 15 องศา แถบสีที่มุมสกรีน 22.5 องศา ความละเอียดต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 12

รูปที่ 12 ภาพทดสอบและแถบสี ปฐพี 1 สี



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



C_50_15_12 x 9.79 TEST_3_C_22.5_12 x 8.75 dotgain 30%

50_30_26_19 11.406x0.96 garamond 6x2.8515 sharp 2.85x2.98

MajeRkWugz 18 pt

MajeRkWugz 14 pt

MajeRkWugz 12 pt

MajeRkWugz 11 pt

MajeRkWugz 10 pt

MajeRkWugz 18 pt

MajeRkWugz 14 pt

MajeRkWugz 12 pt

MajeRkWugz 11 pt

MajeRkWugz 10 pt

MajeRkWugz 4 pt
MajeRkWugz 5 pt
MajeRkWugz 6 pt

MajeRkWugz 4 pt
MajeRkWugz 5 pt
MajeRkWugz 6 pt

MajeRkWugz 8 pt

MajeRkWugz 9 pt



4.1.3 ปรีฟโครมาลินสอดสี

เพื่อตรวจสอบมูมสกรีนสำหรับการพิมพ์สอดสี และทำการผลิตฟิล์มมาตรฐาน การผลิตฟิล์มสำหรับการผลิตแม่พิมพ์เพล็กซ์โคราฟี ภาพทดสอบขนาด 12000x9000 พิกเซล และแถบสี 12000x11110 พิกเซล แบ่งเป็น

(ธ-1) เม็ดสกรีนขนาด 50x50 พิกเซล ความละเอียด 50 เส้นต่อนิ้ว มูมสกรีน
C = 7.5 องศา, M = 67.5 องศา, Y = 82.5 องศา, K = 37.5 องศา

(ธ-2) เม็ดสกรีนขนาด 26x26 พิกเซล ความละเอียด 100 เส้นต่อนิ้ว มูมสกรีน
C = 7.5 องศา, M = 67.5 องศา, Y = 82.5 องศา, K = 37.5 องศา

(ธ-3) เม็ดสกรีนขนาด 26x26 พิกเซล ความละเอียด 100 เส้นต่อนิ้ว มูมสกรีน
C = 15 องศา, M = 75 องศา, Y = 0 องศา, K = 45 องศา มีการชดเชยเม็ดสกรีนรวม

(ธ-4) เม็ดสกรีนขนาด 26x26 พิกเซล ความละเอียด 100 เส้นต่อนิ้ว มูมสกรีน
C = 15 องศา, M = 45 องศา, Y = 0 องศา, K = 75 องศา มีการชดเชยเม็ดสกรีนรวม

ผลจากภาพปรีฟโครมาลิน การผลิตน้ำหมึกสีแสดงด้วยกราฟเปรียบเทียบกับผลจากการพิมพ์ ในรูปที่ 4-37 ถึง 4-40 จากการตรวจสอบด้วยสายตาไม่พบตาเสือ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

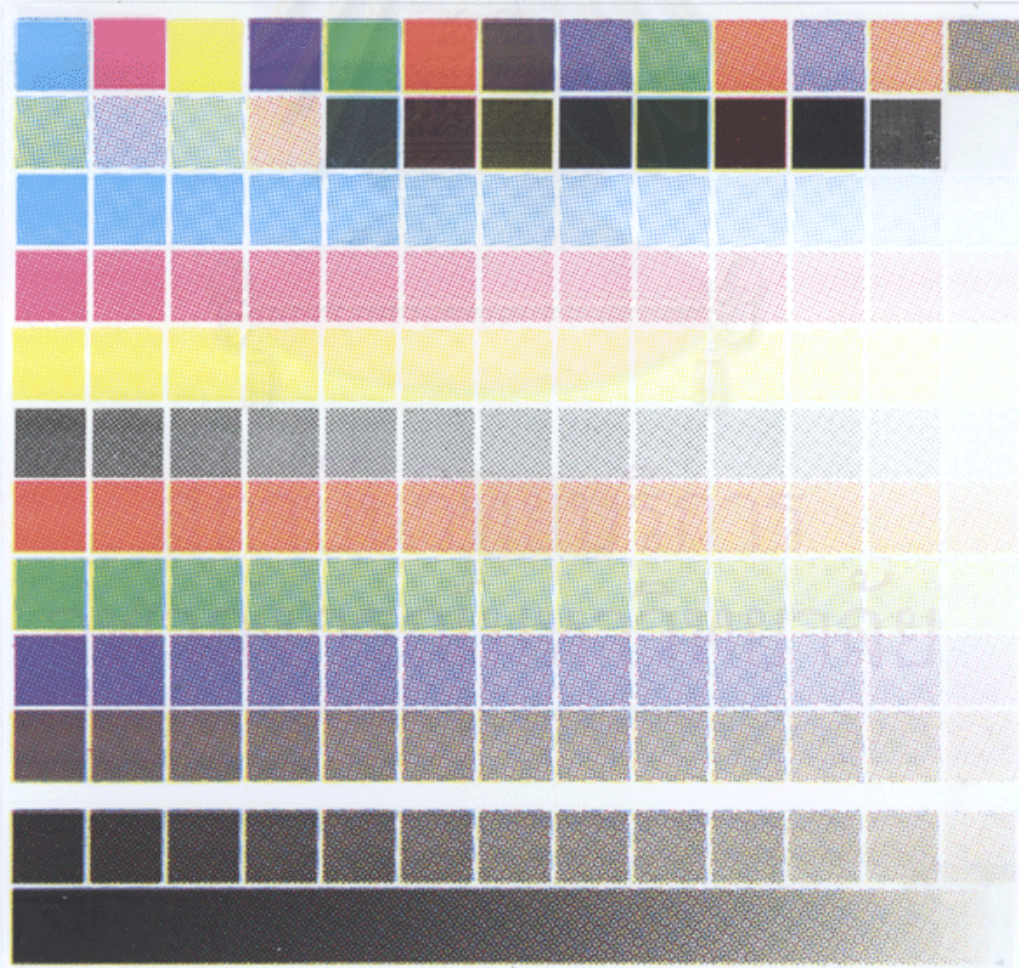
4.1.4 พิมพ์สอดสี

พิมพ์ทดสอบด้วยเครื่องพิมพ์เฟล็กโซกราฟีแบบเรียงแถว ที่ความเร็ว 50 เมตรต่อ นาที หน้ากว้าง 280 มิลลิเมตร ความยาวรอบโมแม่พิมพ์ 476.25 มิลลิเมตร อุณหภูมิห้อง 31 องศาเซลเซียส ความชื้น 64 RH หมึกพิมพ์ชุดสอดสีฐานตัวทำละลาย ความหนืดหมึกพิมพ์สี เหลือง 19 วินาที ม่วงแดง 24 วินาที น้ำเงินเขียว 21 วินาที และดำ 23 วินาที ตัวทำละลาย ประกอบด้วย Isopropyl alcohol (IPA) 80 เปอร์เซ็นต์ Ethyl alcohol 5 เปอร์เซ็นต์ Gawanal 15 เปอร์เซ็นต์

4.1.4.1 ทดลองพิมพ์ครั้งที่ 1

ภาพทดสอบและแถบสีเช่นเดียวกับปฏิรูปโครมาลิน เมื่อทำเปรียบเทียบ ภาพทดสอบ พบว่าการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีสอดสีสามารถใช้มุมสกรีนเบี่ยงไปจากปกติ 7.5 องศา มุมสกรีนปกติและสลับมุมสกรีนระหว่าง M และ K พิมพ์ได้โดยไม่เกิดตาเสือ ดังแสดงในภาพ ทดสอบรูปที่ 4-13 ถึง 4-16

ภาพทดสอบรูปที่ 4-13 เกิดการบวมของเม็ดสกรีนน้อย การผลิตน้ำหมึก สีในส่วนเงา น้ำหนักสีกลาง และส่วนสว่างดี แต่เนื่องจากความละเอียดของภาพต่ำจึงแสดง รายละเอียดของภาพได้น้อย ภาพทดสอบรูปที่ 4-14 เกิดการบวมของเม็ดสกรีนมากทำให้ภาพมีด ชาติรายละเอียดส่วนเงาไป แต่สามารถแสดงรายละเอียดในส่วนน้ำหนักสีกลางและส่วนสว่างได้ดี ทั้งรายละเอียดบริเวณไหมพรมและใบไม้ ภาพทดสอบรูปที่ 4-15 และ 4-16 ภาพที่ได้สว่างเกินไป เนื่องจากมีการชดเชยเม็ดสกรีนบวมไม่เหมาะสมจึงทำให้รูปทั้งสองขาดรายละเอียดในส่วนสว่าง ของภาพไป



รูปที่ 4-13 ภาพทดสอบและแถบสี การทดลอง (ธ-1)



รูปที่ 4-14 ภาพทดสอบและแถบสี การทดลอง (๕-2)



รูปที่ 4-15 ภาพทดสอบและแถบสี การทดลอง (๕-3)



รูปที่ 4-16 ภาพทดสอบและแถบสี การทดลอง (ธ-4)

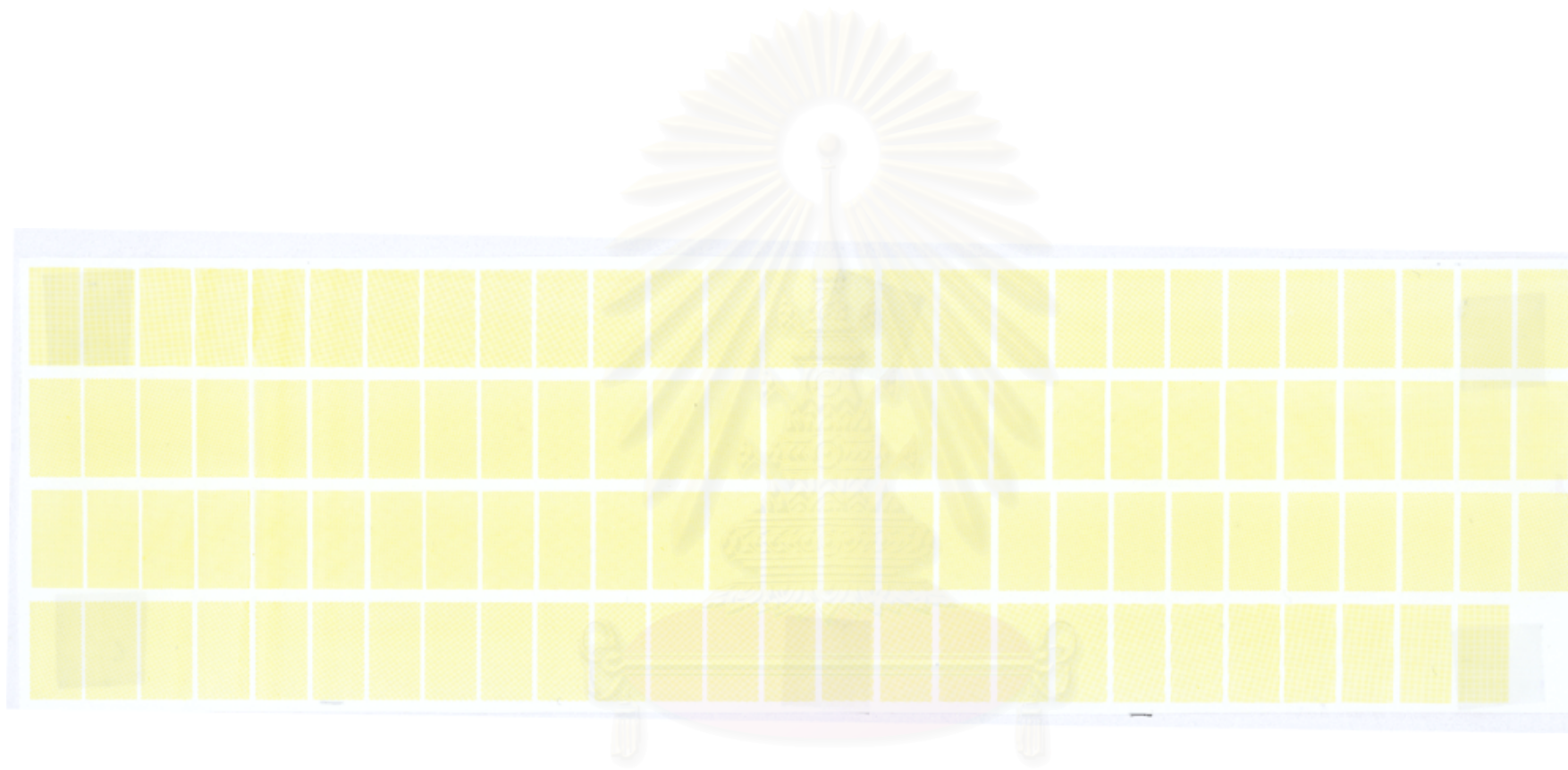
4.1.4.2 การทดลองพิมพ์ครั้งที่ 2

เนื่องจากการทดลองพิมพ์ครั้งที่ 1 พบว่าที่สีพื้น 37.5 องศา เกิดตาเลื้อยขึ้นที่การพิมพ์สีดำ จึงทำการพิมพ์ทดสอบทั้ง 4 สี ที่มุมสกรีนทุกองศา ที่องศาสกรีนตั้งแต่ 0-37 และ 53-90 องศา ห่างกันแถบละ 1 องศา มุมสกรีน 37.5-52.5 องศา ห่างกันแถบละ 0.5 องศา ดังแสดงในแถบทดสอบมุมสกรีนรูปที่ 4-17 ถึง 4-20 ที่สีเหลือง ม่วงแดง น้ำเงินเขียวและสีดำตามลำดับ

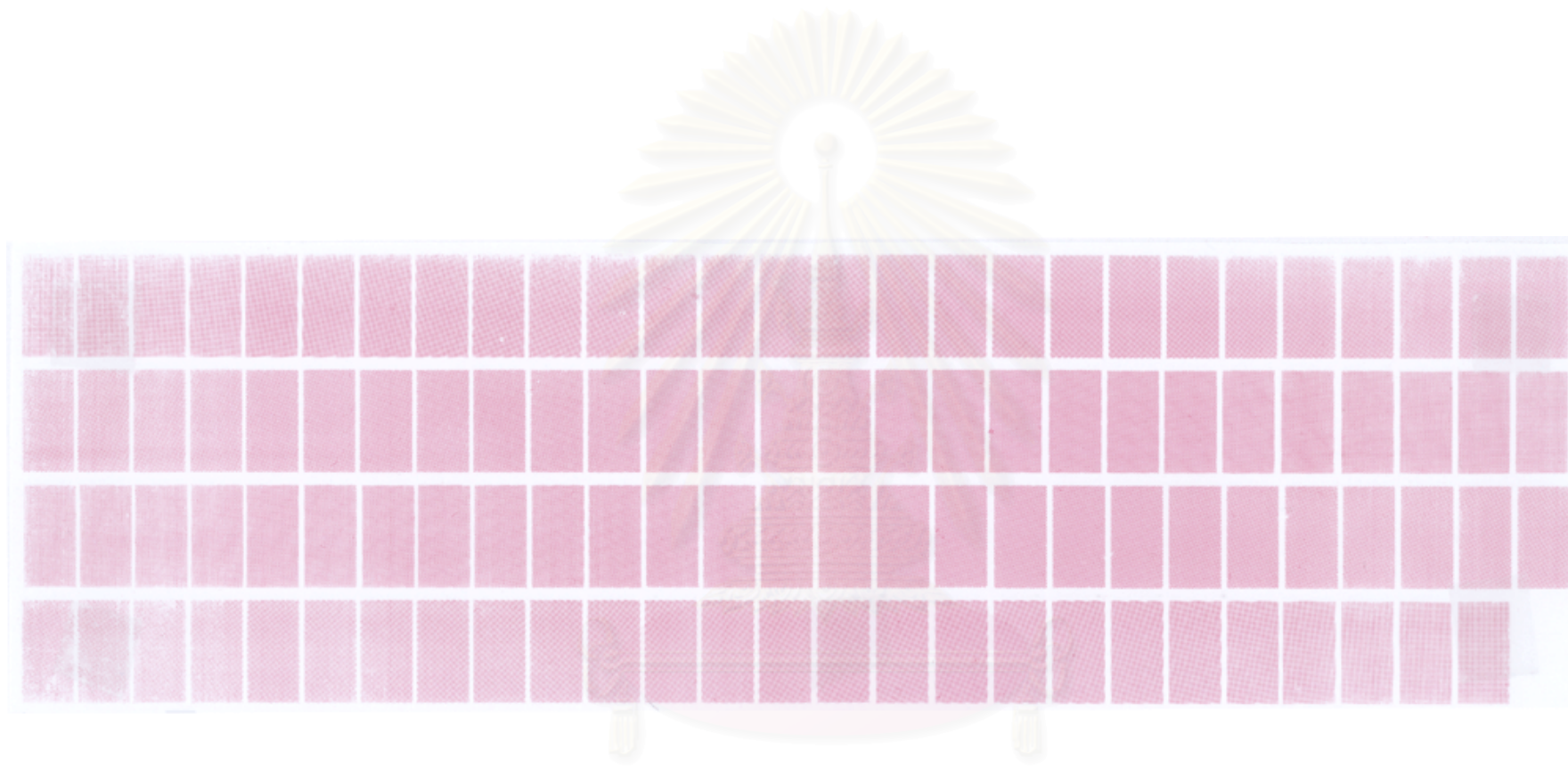
จากการทดสอบพบว่า เกิดตาเลื้อยที่มุมสกรีน 37-52 องศา บนการพิมพ์สีพื้นทุกสี ซึ่งเห็นได้ชัดเจนที่หมึกพิมพ์สีเข้ม



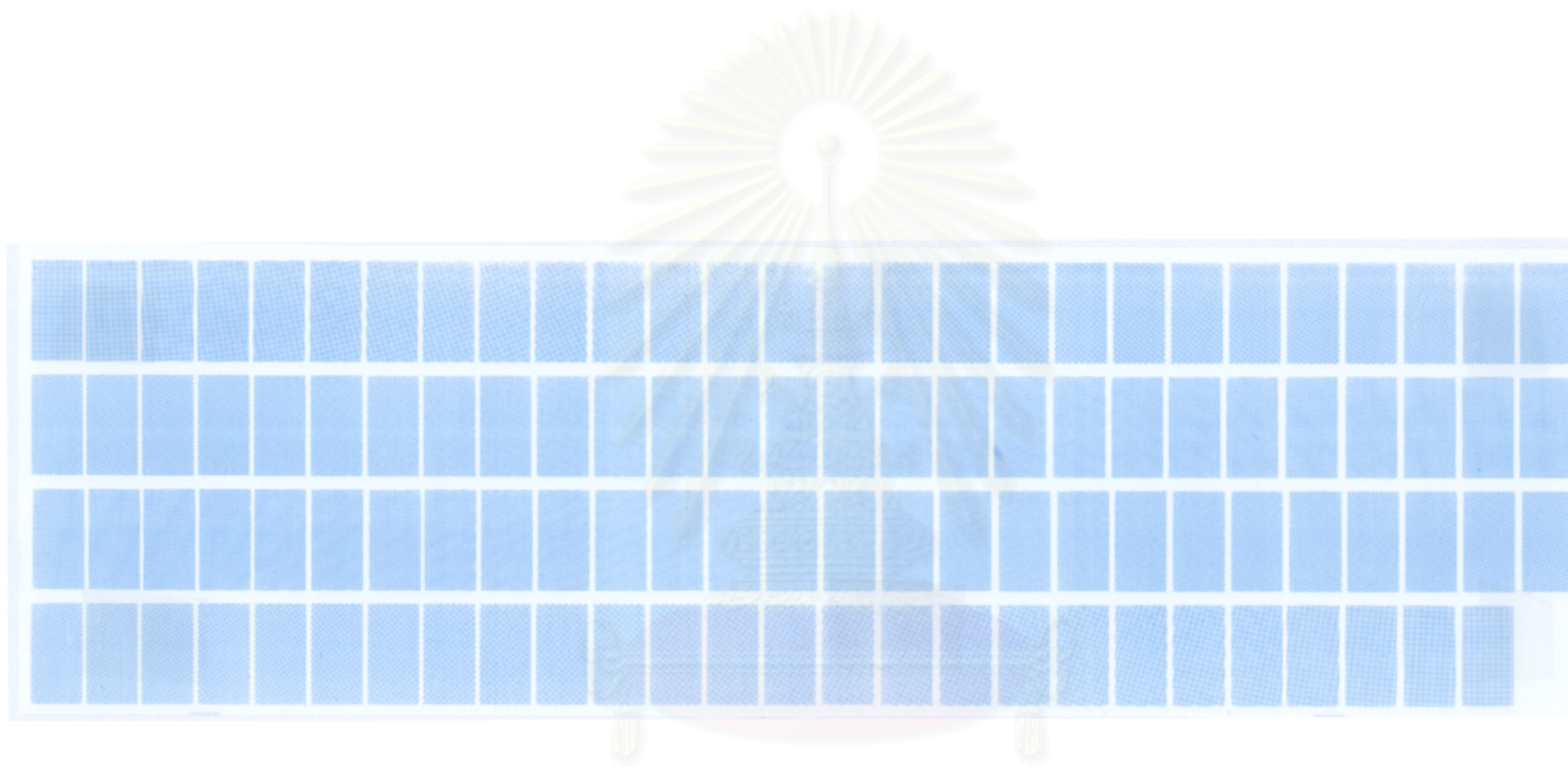
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



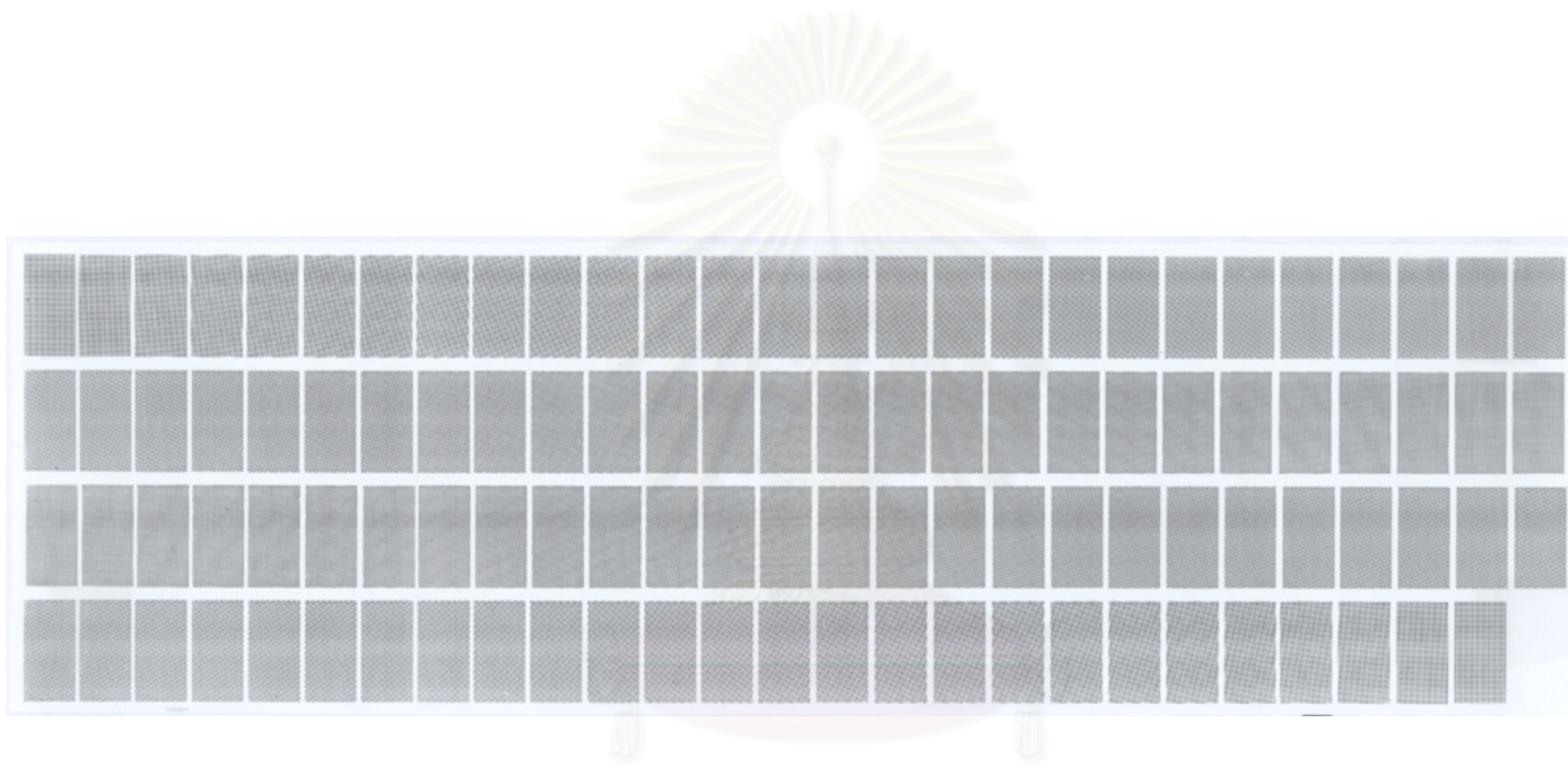
รูปที่ 4-17 แถบทดสอบมุมสกรีน 0-37, 37.5-52.5 และ0-90 องศา การพิมพ์สีเหลือง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-18 แถบทดสอบมุมสกรีน 0-37, 37.5-52.5 และ 0-90 องศา การพิมพ์สีม่วงแดง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-19 แถบทดสอบมุมสกรีน 0-37, 37.5-52.5 และ 0-90 องศา การพิมพ์สีน้ำเงินเขียว
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สภานักวิทยบริการ
รูปที่ 4-20 แถบทดสอบมูมสกรีน 0-37, 37.5-52.5 และ 0-90 องศา การพิมพ์สีดำ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แถบสีขนาด 10000x9327 พิกเซล แบ่งเป็น

(น-1) เม็ดสกรีนขนาด 50x50 พิกเซล ความละเอียด 50 เส้นต่อนิ้ว
 มุมสกรีน C = 15 องศา, M = 75 องศา, Y = 0 องศา, K = 45 องศา (รูปที่ 4-21)

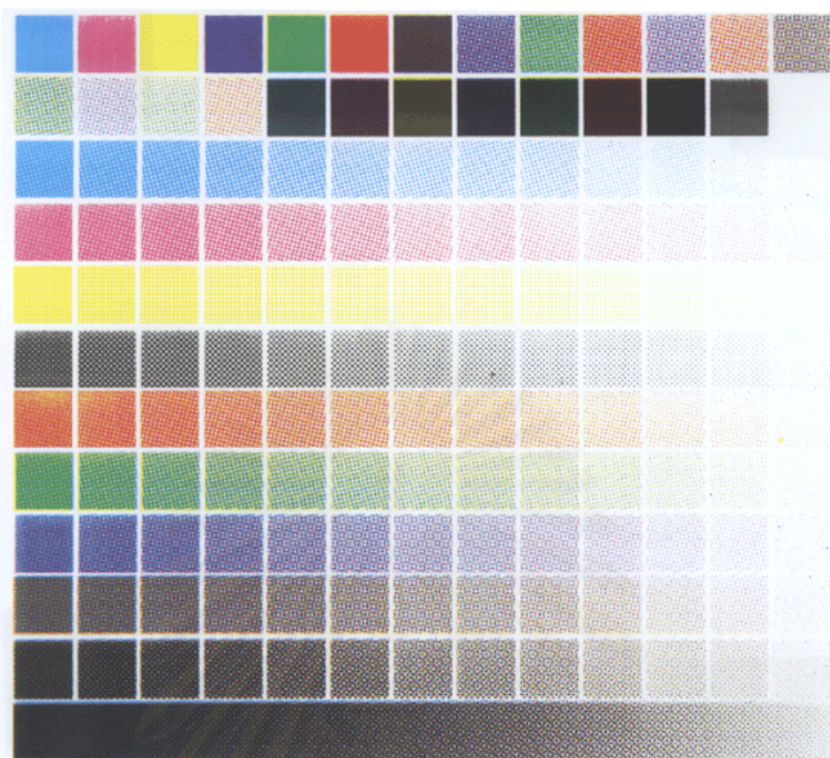
(น-2) เม็ดสกรีนขนาด 50x50 พิกเซล ความละเอียด 50 เส้นต่อนิ้ว
 มุมสกรีน C = 7.5 องศา, M = 67.5 องศา, Y = 82.5 องศา, K = 37.5 องศา (รูปที่ 4-22)

(น-3) เม็ดสกรีนขนาด 26x26 พิกเซล ความละเอียด 100 เส้นต่อนิ้ว
 มุมสกรีน C = 15 องศา, M = 75 องศา, Y = 0 องศา, K = 45 องศา (รูปที่ 4-23)

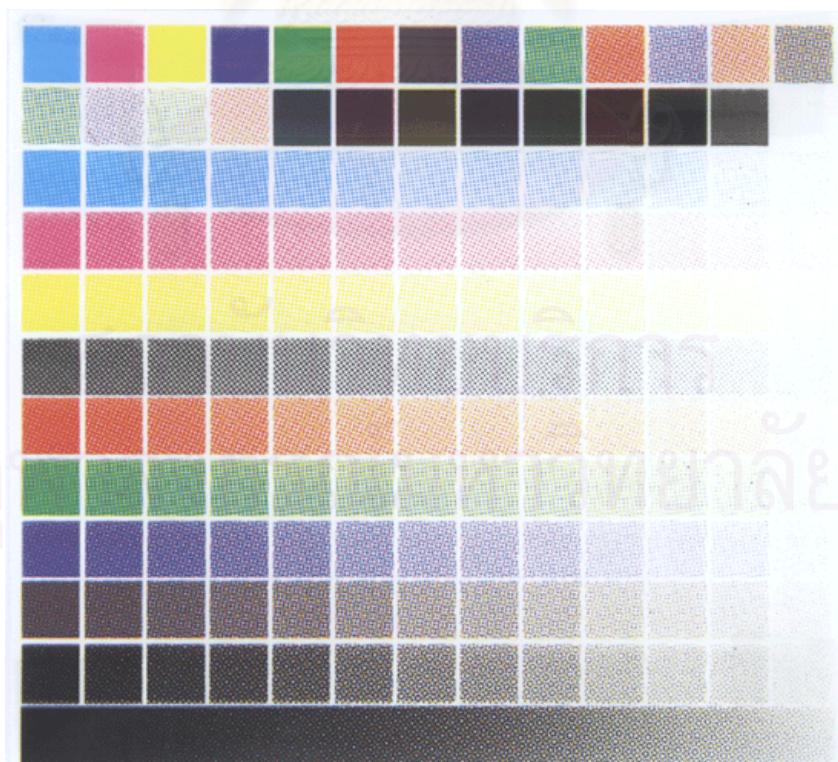
(น-4) เม็ดสกรีนขนาด 26x26 พิกเซล ความละเอียด 100 เส้นต่อนิ้ว
 มุมสกรีน C = 7.5 องศา, M = 67.5 องศา, Y = 82.5 องศา, K = 37.5 องศา (รูปที่ 4-24)

ทำการเปรียบเทียบแถบสี ในรูปที่ 4-21 และ 4-23 ที่มุมสกรีนปกติ กับ
 4-22 และ 4-24 ที่มุมสกรีนเบี่ยงไป -7.5 องศา ที่ความละเอียดเม็ดสกรีนเท่ากันมุมสกรีนต่างกัน
 การผลิตนำหนักสีที่ไม่ต่างกัน

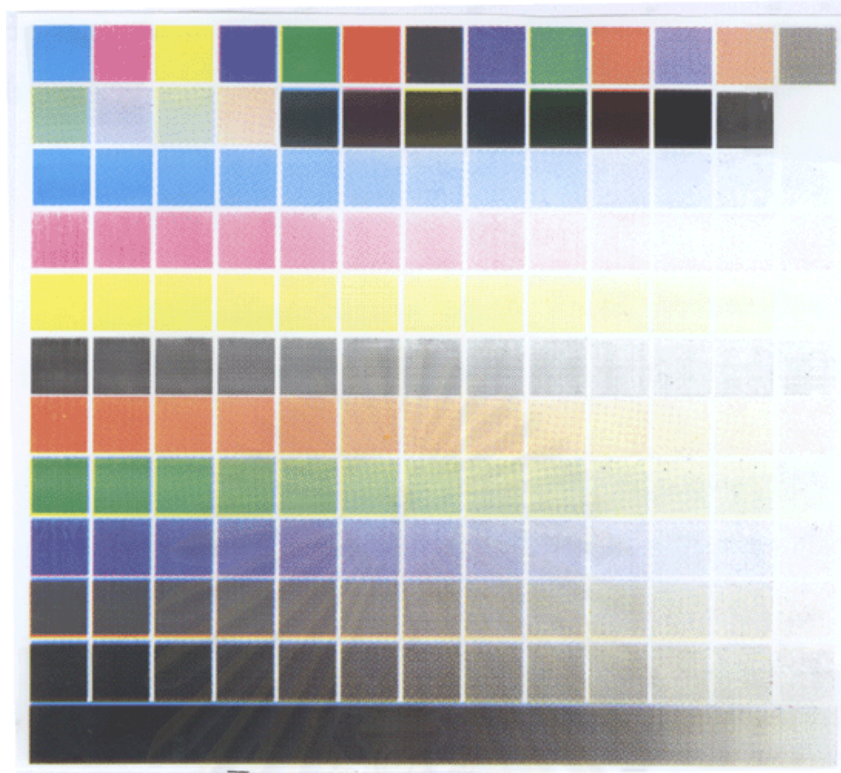
สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



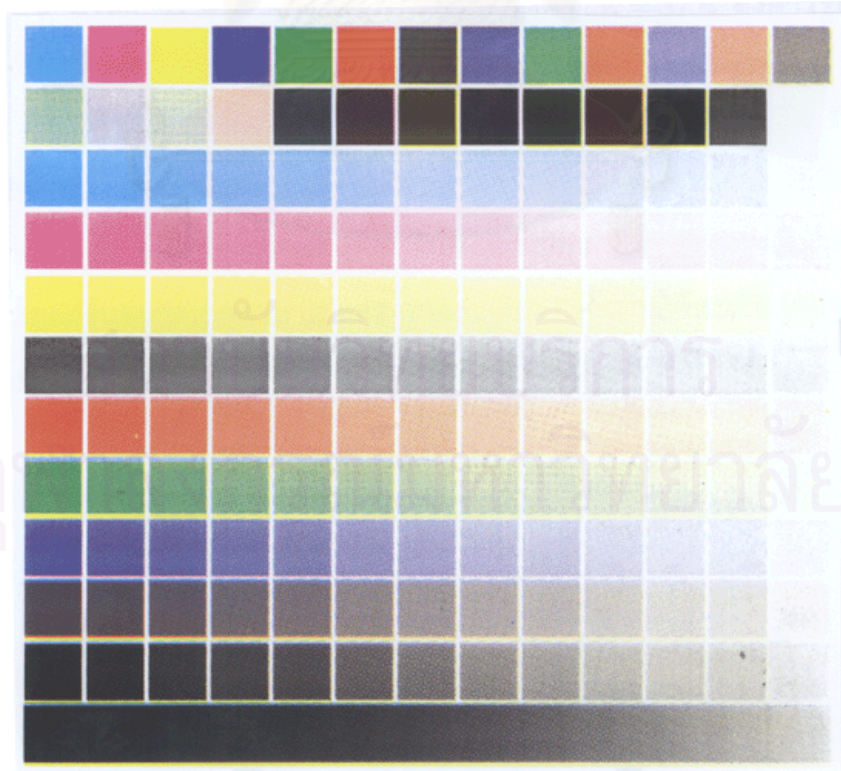
รูปที่ 4-21 แถบสี การทดลอง (น-1)



รูปที่ 4-22 แถบสี การทดลอง (น-2)



รูปที่ 4-23 แถบสี การทดลอง (น-3)



รูปที่ 4-24 แถบสี การทดลอง (น-4)

จากข้อมูลที่ได้จากการพิมพ์ครั้งที่ 1 นำไปทำการแยกสีโดยใช้มาตรฐานการแยกสีสำหรับการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี [21] แยกสีภาพทดสอบดังรายละเอียดในภาคผนวก ก ทำการผลิตฟิล์มสำหรับการพิมพ์สอดสี จากนั้นนำไปผลิตฟิล์มแยกสีและแม่พิมพ์

ภาพทดสอบขนาด 10000x7500 พิกเซล แบ่งเป็น

(บ-1) เม็ดสกรีนขนาด 50x50 พิกเซล ความละเอียด 50 เส้นต่อนิ้ว มุมสกรีน C = 15 องศา, M = 75 องศา, Y = 0 องศา, K = 45 องศา (รูปที่ 4-25)

(บ-2) เม็ดสกรีนขนาด 50x50 พิกเซล ความละเอียด 50 เส้นต่อนิ้ว มุมสกรีน C = 7.5 องศา, M = 67.5 องศา, Y = 82.5 องศา, K = 37.5 องศา (รูปที่ 4-26)

(บ-3) เม็ดสกรีนขนาด 26x26 พิกเซล ความละเอียด 100 เส้นต่อนิ้ว มุมสกรีน C = 15 องศา, M = 75 องศา, Y = 0 องศา, K = 45 องศา (รูปที่ 4-27)

(บ-4) เม็ดสกรีนขนาด 26x26 พิกเซล ความละเอียด 100 เส้นต่อนิ้ว มุมสกรีน C = 7.5 องศา, M = 67.5 องศา, Y = 82.5 องศา, K = 37.5 องศา (รูปที่ 4-28)

เปรียบเทียบภาพทดสอบระหว่างภาพทดสอบรูปที่ 4-25 กับ 4-26 และ 4-27 กับ 4-28 พบว่าภาพทดสอบที่เม็ดสกรีนขนาดเท่ากันแต่มุมสกรีนต่าง สามารถแสดงรายละเอียดของภาพไม่ต่างกัน และไม่เกิดตาเสือ ในขณะที่เม็ดสกรีนขนาดต่างกัน มุมสกรีนเท่ากัน ภาพทดสอบที่เม็ดสกรีนขนาดเล็กสามารถแสดงรายละเอียดของภาพได้ละเอียดกว่า โดยเฉพาะรายละเอียดบริเวณไหมพรมและใบไม้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-25 ภาพทดสอบ การทดลอง (บ-1)



รูปที่ 4-26 ภาพทดสอบ การทดลอง (บ-2)



รูปที่ 4-27 ภาพทดสอบ การทดลอง (บ-3)



รูปที่ 4-28 ภาพทดสอบ การทดลอง (บ-4)

4.2 การวิเคราะห์คุณภาพงานพิมพ์

4.2.1 ความดำพื้นตาย

ค่าความดำพื้นตายที่การพิมพ์สอดสีของการทดลองพิมพ์ อยู่ที่ค่าประมาณ 1.88 ดังรายงานในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ความดำพื้นตายของงานพิมพ์

การทดลอง	ความดำพื้นตาย				
	Y	M	C	K	YMCK
(ธ-1)	0.71	0.97	0.75	1.13	1.86
(ธ-2)	0.73	0.93	0.79	1.14	1.8
(ธ-3)	0.72	0.97	0.71	1.15	1.9
(ธ-4)	0.69	0.93	0.85	1.1	1.88
(น-1)	1.32	1.27	1.15	1.36	1.93
(น-2)	1.29	1.37	1.13	1.28	1.87
(น-3)	1.35	1.04	1.17	1.29	1.88
(น-4)	1.36	1.22	1.1	1.26	1.88

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.2 ความเปรียบเทียบการพิมพ์

ความเปรียบเทียบการพิมพ์ที่ 80 เปอร์เซ็นต์สกรีน คือการเปรียบเทียบความดำที่ 80 เปอร์เซ็นต์สกรีน กับความดำพื้นตายในสีนั้น ดังแสดงเปอร์เซ็นต์ความเปรียบเทียบในตารางที่ 4-2 แถบสี (ธ) มีความเปรียบเทียบการพิมพ์สูงกว่าแถบสี (น) เนื่องจากมีค่าความดำพื้นตายในแต่ ละสีต่ำกว่า ทำให้การผลิตน้ำหมึกสีโดยรวมของแถบสีทั้ง 2 ไม่ต่างกัน

ตารางที่ 4-2 ความเปรียบเทียบการพิมพ์ ที่ 80 เปอร์เซ็นต์สกรีน

การทดลอง	ความเปรียบเทียบการพิมพ์ (%)			
	Y	M	C	K
(ธ-1)	47	51	51	66
(ธ-2)	37	39	47	57
(ธ-3)	57	64	61	78
(ธ-4)	49	58	56	75
(น-1)	27	46	24	36
(น-2)	32	42	25	32
(น-3)	20	47	21	29
(น-4)	27	37	26	22

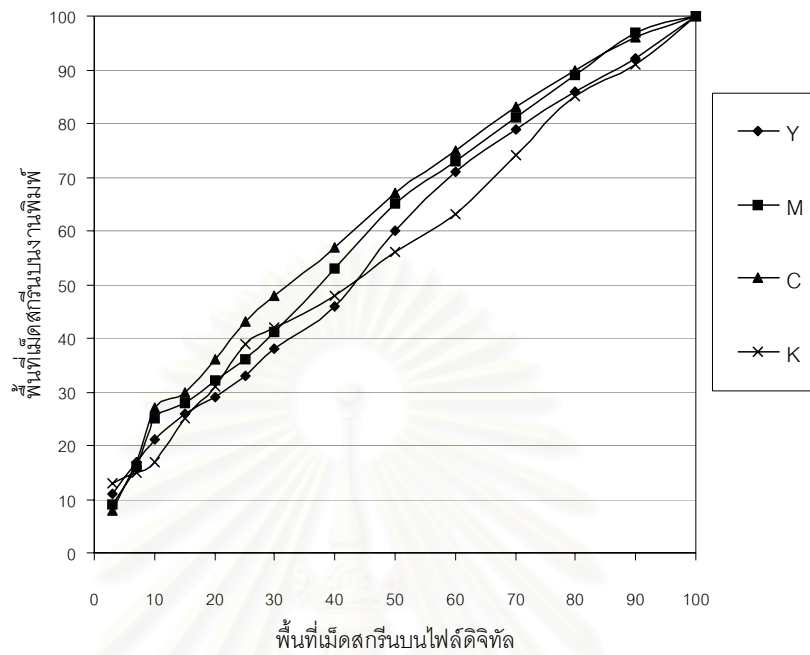
4.2.3 การผลิตน้ำหมักสี

4.2.3.1 วิเคราะห์การผลิตน้ำหมักสีการทดลอง (ธ)

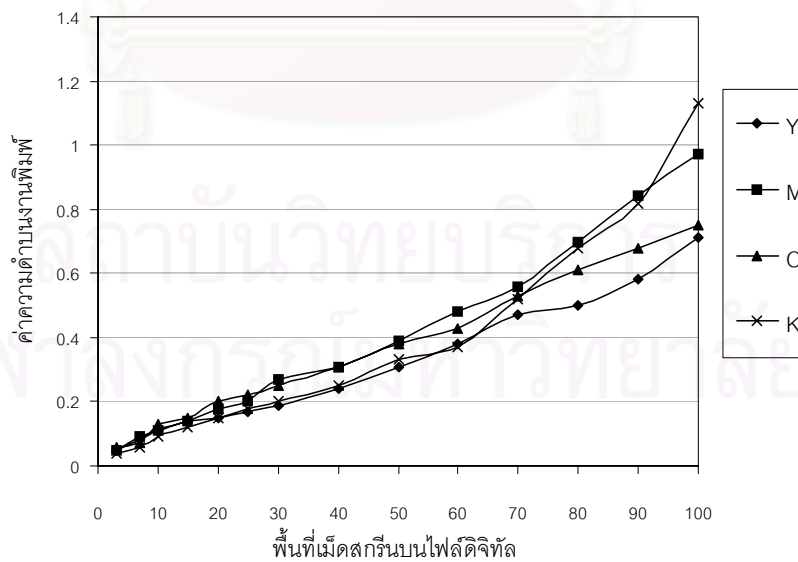
ตารางที่ 4-3 การผลิตน้ำหมักสี ภาพทดสอบ (ธ-1)

ข้อมูลนำเข้า (%)	พื้นที่เมล็ดสกรีนบนงานพิมพ์ (%)				ค่าความดำบนงานพิมพ์			
	Y	M	C	K	Y	M	C	K
3	11	9	8	13	0.05	0.05	0.06	0.04
7	17	16	17	15	0.08	0.09	0.07	0.06
10	21	25	27	17	0.11	0.11	0.13	0.09
15	26	28	30	25	0.14	0.14	0.15	0.12
20	29	32	36	31	0.15	0.18	0.2	0.15
25	33	36	43	39	0.17	0.2	0.22	0.18
30	38	41	48	42	0.19	0.27	0.25	0.2
40	46	53	57	48	0.24	0.31	0.31	0.25
50	60	65	67	56	0.31	0.39	0.38	0.33
60	71	73	75	63	0.38	0.48	0.43	0.37
70	79	81	83	74	0.47	0.56	0.53	0.52
80	86	89	90	85	0.5	0.7	0.61	0.68
90	92	97	96	91	0.58	0.84	0.68	0.82
100	100	100	100	100	0.71	0.97	0.75	1.13

จากการรายงานผลในตารางที่ 4-3 พบว่าภาพทดสอบทดสอบ (ธ-1) ในรูปที่ 4-13มีการผลิตน้ำหมักสีต่อเนื่อง เกิดการบวมของเมล็ดสกรีนน้อย ประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ ทั้งภาพ ค่าความดำสามารถยอมรับได้ ซึ่งแสดงกราฟการผลิตน้ำหมักสีในรูปที่ 4-29 และ 4-30



รูปที่ 4-29 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมื่อดอกกรีนบนไฟลด์ดิจิทัลและพื้นที่เมื่อดอกกรีนบนงานพิมพ์ ภาพทดสอบ (ธ-1)

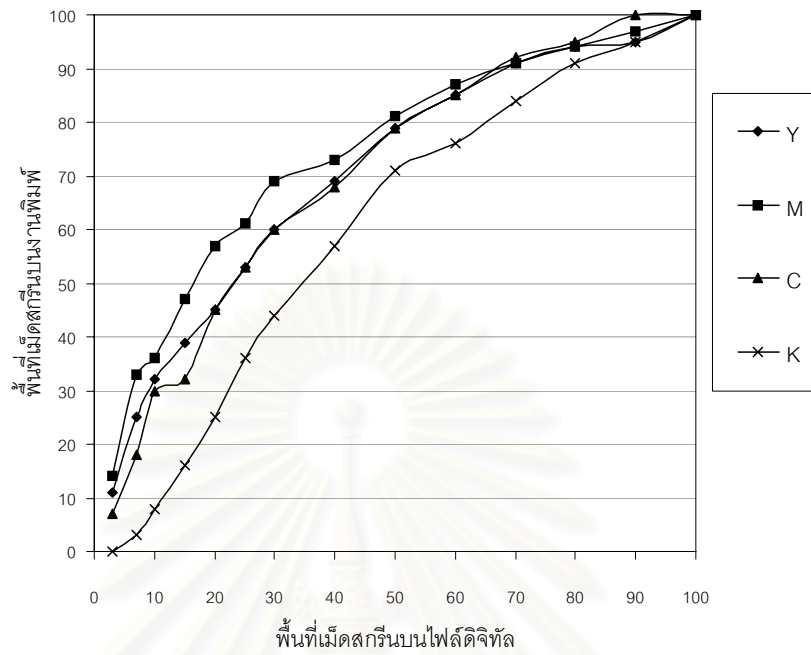


รูปที่ 4-30 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมื่อดอกกรีนบนไฟลด์ดิจิทัลและค่าความดำบนงานพิมพ์ ภาพทดสอบ (ธ-1)

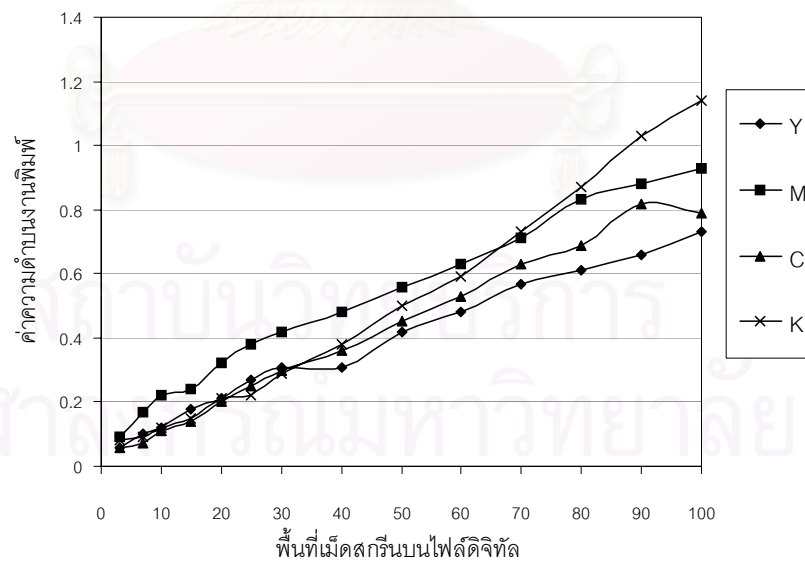
ตารางที่ 4-4 การผลิตน้ำหมักสี ภาพทดสอบ (ธ-2)

ข้อมูลนำเข้า (%)	พื้นที่เมล็ดสกรีนบนงานพิมพ์ (%)				ค่าความดำบนงานพิมพ์			
	Y	M	C	K	Y	M	C	K
3	11	14	7	0	0.06	0.09	0.06	0.08
7	25	33	18	3	0.1	0.17	0.07	0.09
10	32	36	30	8	0.12	0.22	0.11	0.12
15	39	47	32	16	0.18	0.24	0.14	0.15
20	45	57	45	25	0.21	0.32	0.2	0.21
25	53	61	53	36	0.27	0.38	0.25	0.22
30	60	69	60	44	0.31	0.42	0.3	0.29
40	69	73	68	57	0.31	0.48	0.36	0.38
50	79	81	79	71	0.42	0.56	0.45	0.5
60	85	87	85	76	0.48	0.63	0.53	0.59
70	91	91	92	84	0.57	0.71	0.63	0.73
80	94	94	95	91	0.61	0.83	0.69	0.87
90	95	97	100	95	0.66	0.88	0.82	1.03
100	100	100	100	100	0.73	0.93	0.79	1.14

จากการรายงานผลในตารางที่ 4-4 พบว่าการผลิตน้ำหมักสีของภาพทดสอบทดสอบ (ธ-2) ในรูปที่ 4-14 อยู่ในเกณฑ์ดี แต่เกิดการบวมของเมล็ดสกรีนมาก ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะบริเวณน้ำหมักสีกลาง เนื่องจากเมล็ดสกรีนมีขนาดเล็กอัตราการขยายมากกว่าเมล็ดสกรีนขนาดใหญ่ที่ขนาดพื้นที่เท่ากัน ค่าความดำสามารถยอมรับได้ ดังแสดงในกราฟการผลิตน้ำหมักสีรูปที่ 4-31 และ 4-32



รูปที่ 4-31 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมื่อดอกกรีนบนไฟลด์ดิจิทัลและพื้นที่เมื่อดอกกรีนบนงานพิมพ์ ภาพทดสอบ (ธ-2)

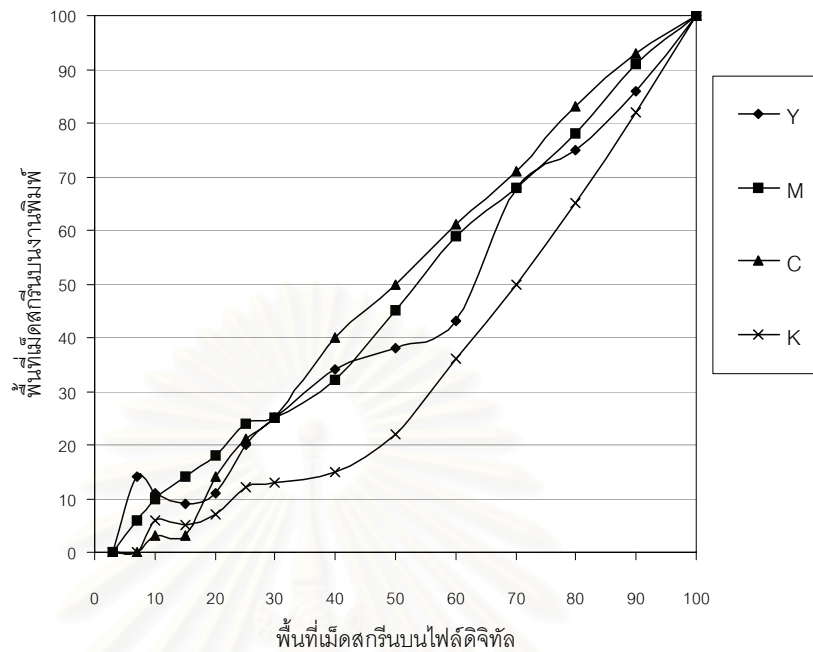


รูปที่ 4-32 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมื่อดอกกรีนบนไฟลด์ดิจิทัลและค่าความดำบนงานพิมพ์ ภาพทดสอบ (ธ-2)

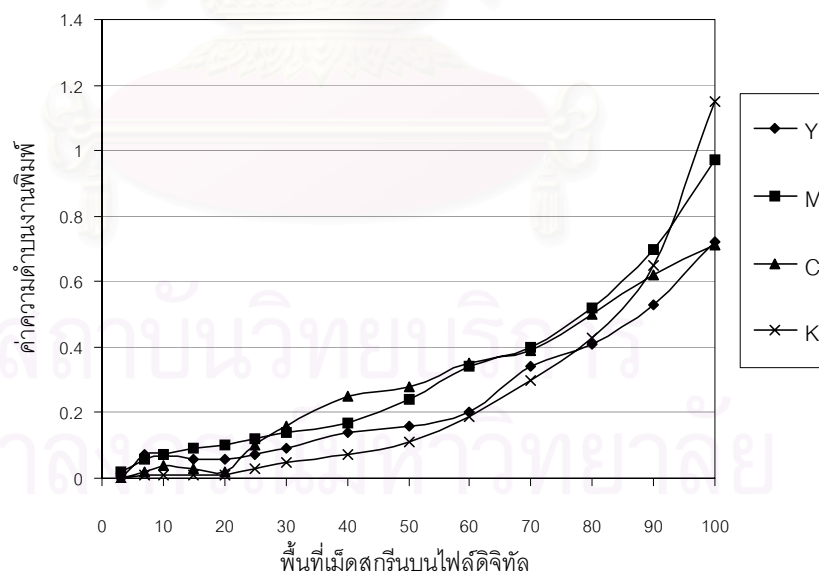
ตารางที่ 4-5 การผลิตน้ำหมักสี ภาพทดสอบ (ธ-3)

ข้อมูลนำเข้า (%)	พื้นที่เม็ดสกรีนบนงานพิมพ์ (%)				ค่าความดำบนงานพิมพ์			
	Y	M	C	K	Y	M	C	K
3	0	0	0	0	0	0.02	0	0
7	14	6	0	0	0.07	0.06	0.02	0.01
10	11	10	3	6	0.07	0.07	0.04	0.01
15	9	14	3	5	0.06	0.09	0.03	0.01
20	11	18	14	7	0.06	0.1	0.02	0.01
25	20	24	21	12	0.07	0.12	0.1	0.03
30	25	25	25	13	0.09	0.14	0.16	0.05
40	34	32	40	15	0.14	0.17	0.25	0.07
50	38	45	50	22	0.16	0.24	0.28	0.11
60	43	59	61	36	0.2	0.34	0.35	0.19
70	68	68	71	50	0.34	0.4	0.39	0.3
80	75	78	83	65	0.41	0.52	0.5	0.43
90	86	91	93	82	0.53	0.7	0.62	0.65
100	100	100	100	100	0.72	0.97	0.71	1.15

จากการรายงานผลในตารางที่ 4-5 พบว่าภาพทดสอบทดสอบ (ธ-3) ในรูปที่ 4-15 เกิดการกระโดดของการผลิตน้ำหมักสี เนื่องจากการขีดเซย์เม็ดสกรีนบวมที่ยังไม่เหมาะสม โดยเฉพาะส่วนสว่างและน้ำหมักสีกลาง ค่าความดำของภาพค่อนข้างต่ำ ดังแสดงในกราฟการผลิตน้ำหมักสีรูปที่ 4-33 และ 4-34



รูปที่ 4-33 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมตสกรีนบนไฟล์ดิจิทัลและพื้นที่เมตสกรีนบนงานพิมพ์ ภาพทดสอบ (ธ-3)

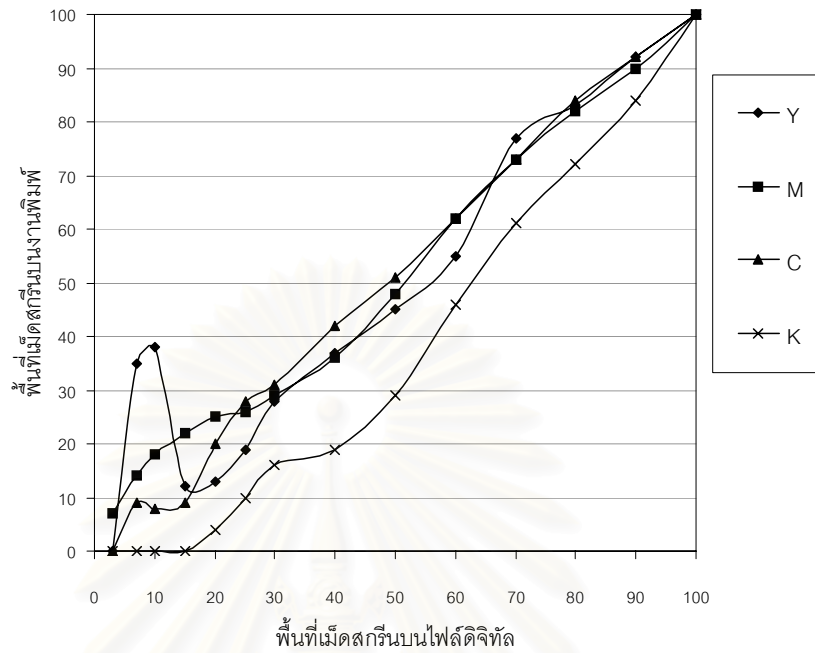


รูปที่ 4-34 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมตสกรีนบนไฟล์ดิจิทัลและค่าความดำบนงานพิมพ์ ภาพทดสอบ (ธ-3)

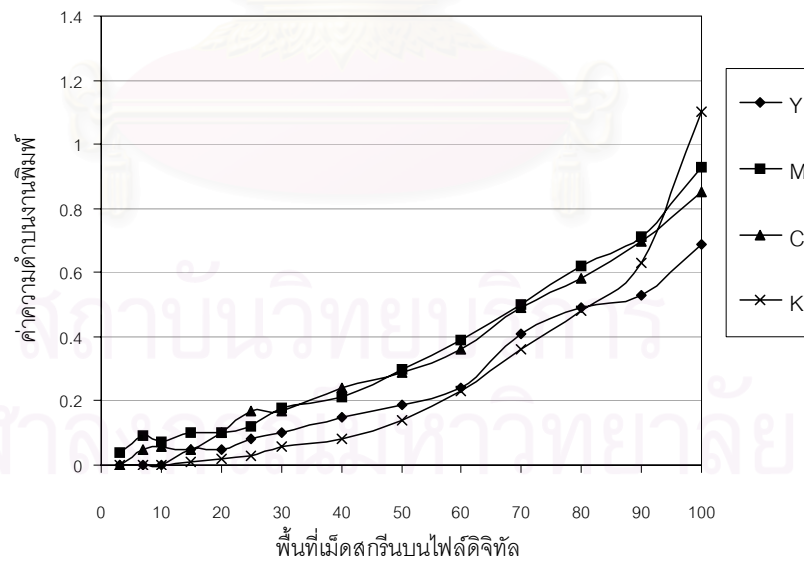
ตารางที่ 4-6 การผลิตน้ำหมักสี ภาพทดสอบ (๓-4)

ข้อมูลนำเข้า (%)	พื้นที่เม็ดสกรีนบนงานพิมพ์ (%)				ค่าความดำบนงานพิมพ์			
	Y	M	C	K	Y	M	C	K
3	0	7	0	0	0	0.04	0	0
7	35	14	9	0	0	0.09	0.05	0
10	38	18	8	0	0	0.07	0.06	0
15	12	22	9	0	0.05	0.1	0.05	0.01
20	13	25	20	4	0.05	0.1	0.1	0.02
25	19	26	28	10	0.08	0.12	0.17	0.03
30	28	29	31	16	0.1	0.18	0.17	0.06
40	37	36	42	19	0.15	0.21	0.24	0.08
50	45	48	51	29	0.19	0.3	0.29	0.14
60	55	62	62	46	0.24	0.39	0.36	0.23
70	77	73	73	61	0.41	0.5	0.49	0.36
80	83	82	84	72	0.49	0.62	0.58	0.48
90	92	90	92	84	0.53	0.71	0.7	0.63
100	100	100	100	100	0.69	0.93	0.85	1.1

จากการรายงานผลในตารางที่ 4-6 พบว่าภาพทดสอบ (๓-4) รูปที่ 4-16 เกิดการกระโดดของการผลิตน้ำหมักสี เนื่องจากการชดเชยเม็ดสกรีนบวมที่ยังไม่เหมาะสม ทำให้ภาพขาดรายละเอียดในบริเวณส่วนสว่างและน้ำหมักสีกลางไป ค่าความดำของภาพค่อนข้างต่ำ ดังแสดงในกราฟการผลิตน้ำหมักสีรูปที่ 4-35 และ 4-36



รูปที่ 4-35 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมื่อดอกกรีนบนไฟลด์ดิจิทัลและพื้นที่เมื่อดอกกรีนบนงานพิมพ์ ภาพทดสอบ (ธ-4)



รูปที่ 4-36 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมื่อดอกกรีนบนไฟลด์ดิจิทัลและค่าความดำบนงานพิมพ์ การทดลอง (ธ-4)

ตารางที่ 4-7 การผลิตน้ำหมักสี ปรีฟโครมาลินที่ YMCK

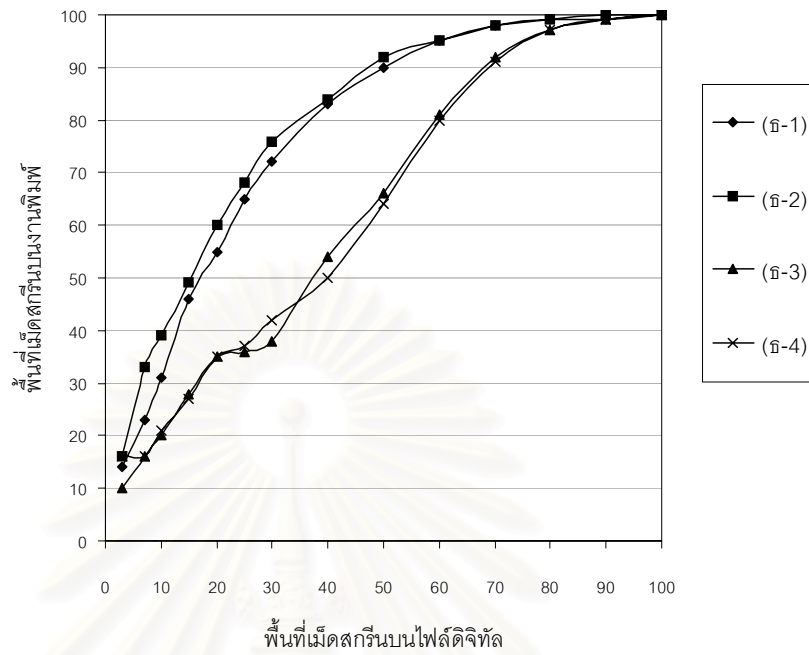
ข้อมูลนำเข้า (%)	พื้นที่เมล็ดสกรีนบนงานพิมพ์ (%)				ค่าความดำบนงานพิมพ์			
	(ธ-1)	(ธ-2)	(ธ-3)	(ธ-4)	(ธ-1)	(ธ-2)	(ธ-3)	(ธ-4)
3	14	16	10	16	0.06	0.09	0.04	0.06
7	23	33	16	16	0.12	0.16	0.06	0.07
10	31	39	20	21	0.17	0.21	0.08	0.09
15	46	49	28	27	0.26	0.29	0.18	0.13
20	55	60	35	35	0.35	0.39	0.13	0.18
25	65	68	36	37	0.43	0.49	0.2	0.2
30	72	76	38	42	0.53	0.62	0.21	0.23
40	83	84	54	50	0.73	0.79	0.31	0.29
50	90	92	66	64	0.96	1.05	0.43	0.43
60	95	95	81	80	1.23	1.29	0.67	0.68
70	98	98	92	91	1.52	1.66	1.01	1.02
80	99	99	97	97	1.74	1.83	1.37	1.39
90	99	100	99	99	1.93	1.97	1.76	1.84
100	100	100	100	100	2.04	2.13	1.99	2.14

จากการรายงานผลในตารางที่ 4-7 การผลิตน้ำหมักสีของภาพทดสอบ จากการปรีฟโครมาลินพบว่าที่การพิมพ์สอดสี ภาพทดสอบ (ธ-1) และ (ธ-2) เกิดการบวมของเมล็ดสกรีนมากกว่าภาพทดสอบ (ธ-3) และ (ธ-4) ที่มีการชดเชยเมล็ดสกรีนบวม โดยเฉพาะในส่วนน้ำหมักสีกลาง ที่ส่วนสว่างและส่วนเงาใกล้เคียงกัน ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4-37 เนื่องจากมีการชดเชยเมล็ดสกรีนบวมทำให้ภาพทดสอบ (ธ-3) และ (ธ-4) มีค่าความดำในการพิมพ์สอดสีต่ำ ภาพที่ได้จึงสว่างเกินไป

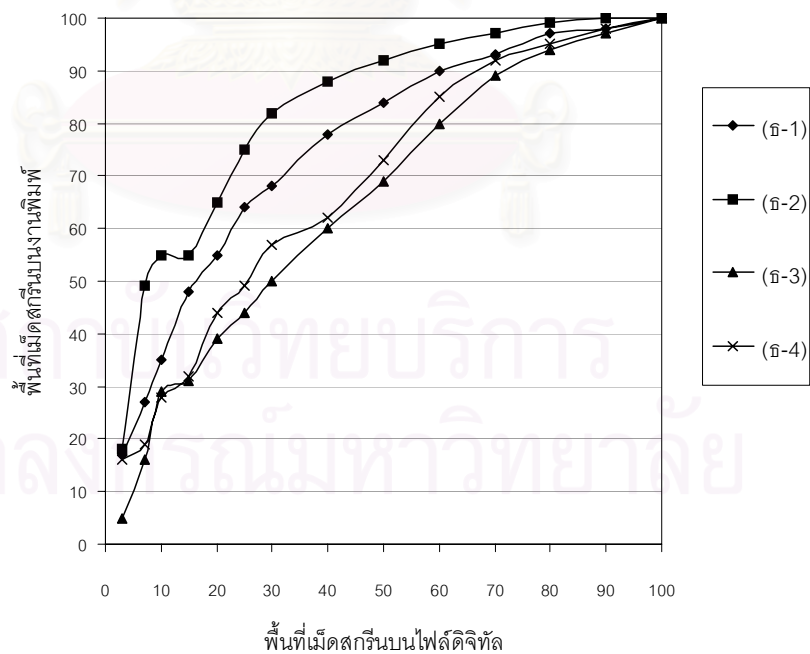
ตารางที่ 4-8 การผลิตน้ำหนักรู การทดลอง (ธ) ที่ YMCK

ข้อมูลนำเข้า (%)	พื้นที่เมล็ดสกรีนบนงานพิมพ์ (%)				ค่าความดำบนงานพิมพ์			
	(ธ-1)	(ธ-2)	(ธ-3)	(ธ-4)	(ธ-1)	(ธ-2)	(ธ-3)	(ธ-4)
3	17	18	5	16	0.2	0.21	0.16	0.17
7	27	49	16	19	0.28	0.33	0.21	0.22
10	35	55	29	28	0.34	0.4	0.24	0.25
15	48	55	31	32	0.41	0.47	0.29	0.31
20	55	65	39	44	0.48	0.56	0.34	0.38
25	64	75	44	49	0.56	0.68	0.38	0.43
30	68	82	50	57	0.63	0.82	0.42	0.48
40	78	88	60	62	0.76	0.95	0.49	0.54
50	84	92	69	73	0.93	1.13	0.61	0.68
60	90	95	80	85	1.07	1.26	0.8	0.91
70	93	97	89	92	1.24	1.45	1.02	1.13
80	97	99	94	95	1.45	1.6	1.22	1.34
90	98	100	97	98	1.63	1.77	1.45	1.54
100	100	100	100	100	1.86	1.8	1.9	1.88

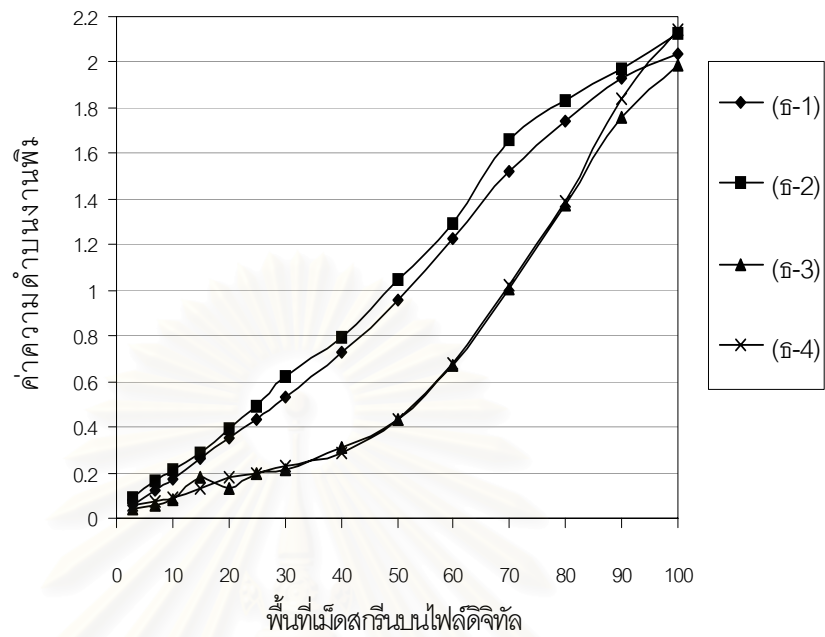
จากการเปรียบเทียบการรายงานผลในตารางที่ 4-7 และ 4-8 พบว่าที่การพิมพ์สอดสีภาพทดสอบ (ธ-1) รูปที่ 4-13 ระหว่างการปรีฟโครมาลินและการพิมพ์ทดสอบต่างกันไม่มากเนื่องจากการบวมของเมล็ดสกรีนน้อย ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4-37 และ 4-38 ส่วนภาพทดสอบ (ธ-2) (ธ-3) และ (ธ-4) รูปที่ 4-14 ถึง 4-16 ตามลำดับ เกิดการบวมของเมล็ดสกรีนมากกว่า เนื่องจากเมล็ดสกรีนขนาดเล็กอัตราการขยายตัวมากกว่าเมล็ดสกรีนขนาดใหญ่ จากการบวมของเมล็ดสกรีนทำให้ค่าความดำของภาพทดสอบ (ธ-3) และ (ธ-4) ที่มีการชดเชยเมล็ดสกรีนบวมมีค่าความดำสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกราฟปรีฟโครมาลิน ภาพทดสอบที่ได้มีความเข้มมากขึ้น ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4-39 และ 4-40 แต่จากการชดเชยเมล็ดสกรีนบวมที่ยังไม่เหมาะสมทำให้ภาพขาดรายละเอียดในส่วนสว่างไป



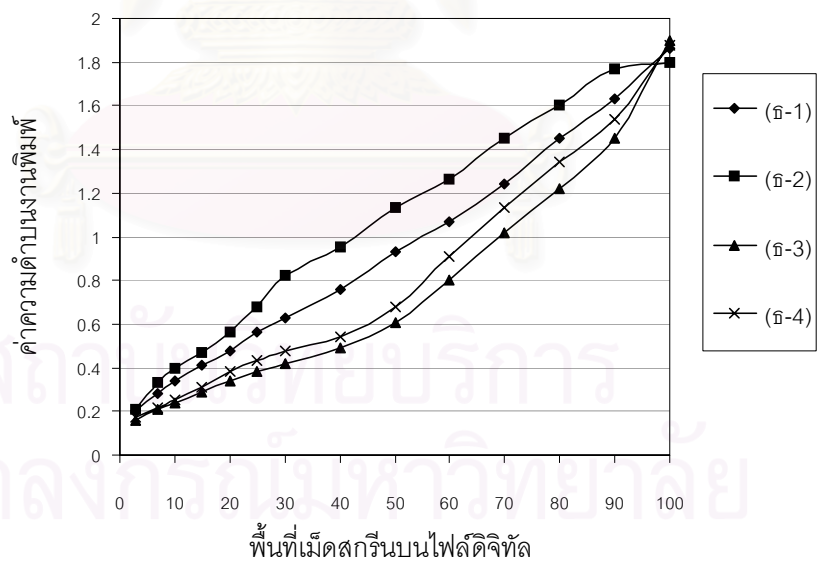
รูปที่ 4-37 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมื่อดอกสีบนไฟลัดิจิทัลและพื้นที่เมื่อดอกสีบนงานพิมพ์ ปรูฟโครมาลันที่ YMCK



รูปที่ 4-38 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมื่อดอกสีบนไฟลัดิจิทัลและพื้นที่เมื่อดอกสีบนงานพิมพ์ การทดลอง (a) ที่ YMCK



รูปที่ 4-39 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมื่อดสกรีนบนไฟล็ดิจิทัลและค่าความดำบนงานพิมพ์
ปรีฟโครมาลินที่ YCMK



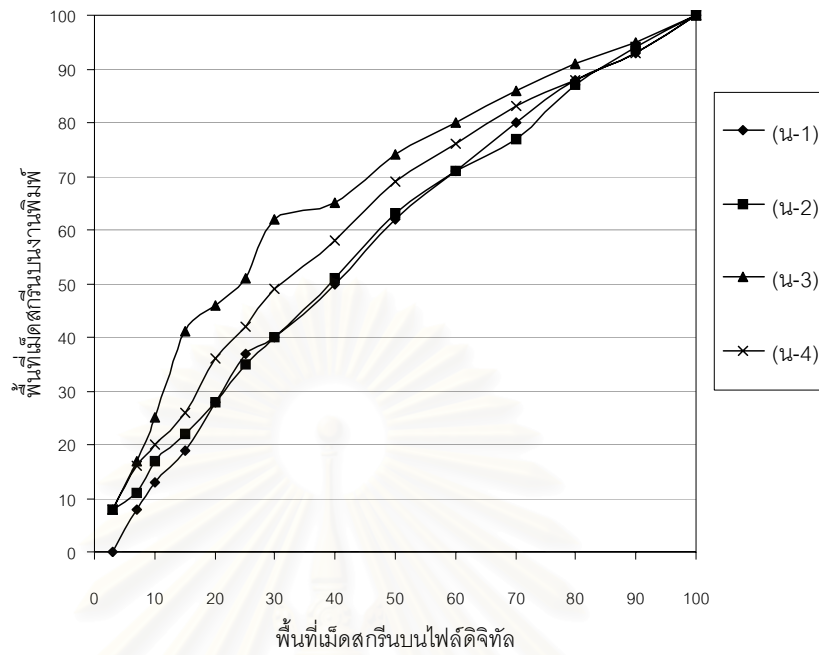
รูปที่ 4-40 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมื่อดสกรีนบนไฟล็ดิจิทัลและค่าความดำบนงานพิมพ์
การทดลอง (ธ) ที่ YCMK

4.2.3.2 วิเคราะห์การผลิตน้ำหมักสีการทดลอง (น)

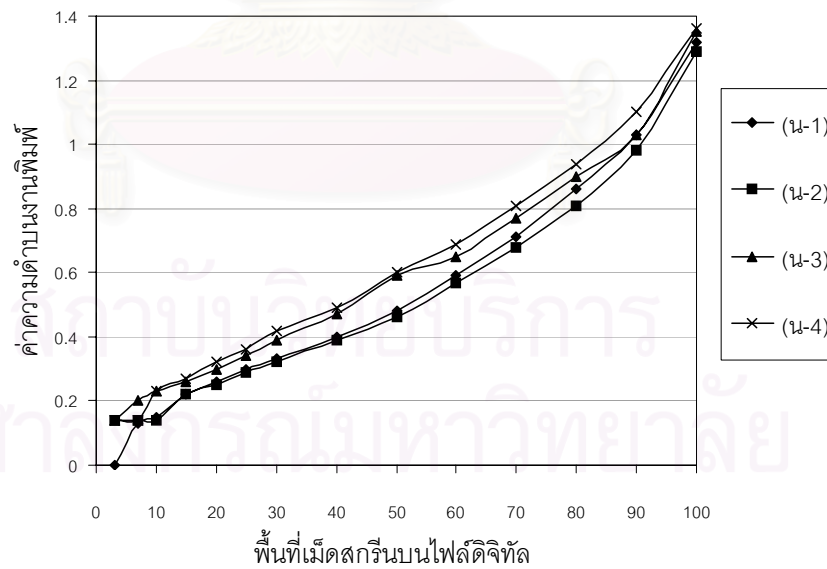
ตารางที่ 4-9 การผลิตน้ำหมักสี การพิมพ์สีเหลือง

ข้อมูลนำเข้า (%)	พื้นที่เม็ดสกรีนบนงานพิมพ์ (%)				ค่าความดำบนงานพิมพ์			
	(น-1)	(น-2)	(น-3)	(น-4)	(น-1)	(น-2)	(น-3)	(น-4)
3	0	8	8	8	0	0.14	0.14	0.14
7	8	11	17	16	0.13	0.14	0.2	0.14
10	13	17	25	20	0.15	0.14	0.23	0.23
15	19	22	41	26	0.22	0.22	0.26	0.27
20	28	28	46	36	0.26	0.25	0.3	0.32
25	37	35	51	42	0.3	0.29	0.34	0.36
30	40	40	62	49	0.33	0.32	0.39	0.42
40	50	51	65	58	0.4	0.39	0.47	0.49
50	62	63	74	69	0.48	0.46	0.59	0.6
60	71	71	80	76	0.59	0.57	0.65	0.69
70	80	77	86	83	0.71	0.68	0.77	0.81
80	88	87	91	88	0.86	0.81	0.9	0.94
90	93	94	95	93	1.03	0.98	1.03	1.1
100	100	100	100	100	1.32	1.29	1.35	1.36

จากตารางที่ 4-9 การผลิตน้ำหมักสีของการพิมพ์สีเหลือง ที่เม็ดสกรีนขนาด 26x26 พิกเซลมุมสกรีนปกติ แถบสี (น-3) รูปที่ 4-23 เกิดการบวมของเม็ดสกรีนมากกว่าที่มุม สกรีนเบี่ยงไป -7.5 องศา แถบสี (น-4) รูปที่ 4-24 ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4-41 ในขณะที่เม็ดสกรีน 50x50 พิกเซล ที่มุมสกรีนต่างกัน แถบสี (น-1) และ (น-2) รูปที่ 4-21 และ 4-22 มีการผลิตน้ำหมักสีไม่ต่างกัน ส่วนค่าความดำที่มุมสกรีนต่างไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4-42



รูปที่ 4-41 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมตสกรีนบนโพลีดีจีทัลและพื้นที่เมตสกรีนบนงานพิมพ์ การพิมพ์สีเหลือง

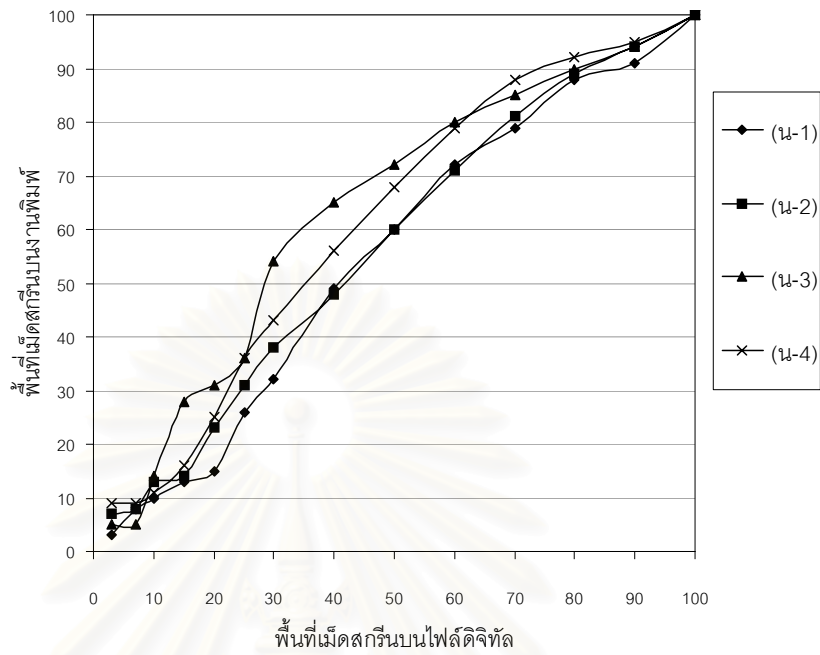


รูปที่ 4-42 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมตสกรีนบนโพลีดีจีทัลและค่าความดำนงานพิมพ์ การพิมพ์สีเหลือง

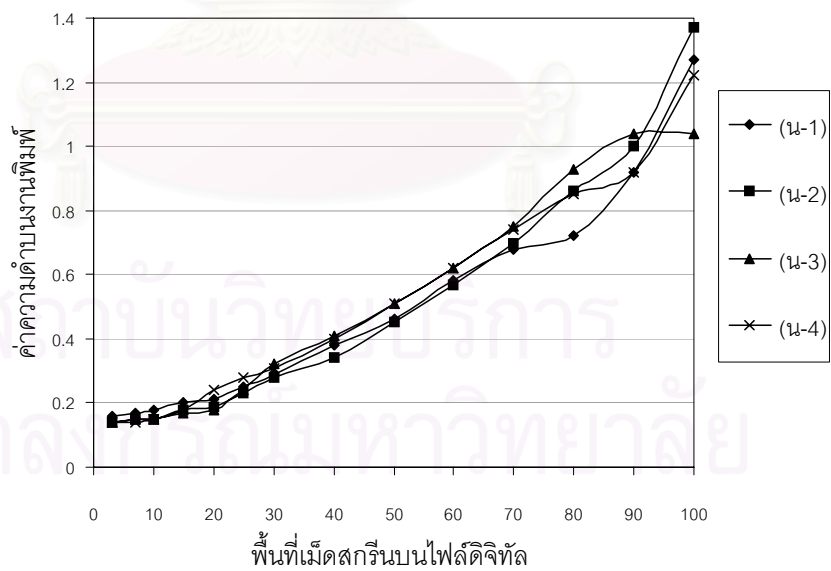
ตารางที่ 4-10 การผลิตน้ำหมักสี การพิมพ์สีม่วงแดง

ข้อมูลนำเข้า (%)	พื้นที่เม็ดสกรีนบนงานพิมพ์ (%)				ค่าความดำบนงานพิมพ์			
	(น-1)	(น-2)	(น-3)	(น-4)	(น-1)	(น-2)	(น-3)	(น-4)
3	3	7	5	9	0.16	0.14	0.14	0.14
7	8	8	5	9	0.17	0.15	0.15	0.14
10	10	13	14	11	0.18	0.15	0.15	0.15
15	13	14	28	16	0.2	0.18	0.17	0.18
20	15	23	31	25	0.21	0.19	0.18	0.24
25	26	31	36	36	0.25	0.23	0.24	0.28
30	32	38	54	43	0.29	0.28	0.32	0.31
40	49	48	65	56	0.38	0.34	0.41	0.4
50	60	60	72	68	0.46	0.45	0.51	0.51
60	72	71	80	79	0.58	0.57	0.62	0.62
70	79	81	85	88	0.68	0.7	0.75	0.74
80	88	89	90	92	0.72	0.86	0.93	0.85
90	91	94	94	95	0.92	1	1.04	0.92
100	100	100	100	100	1.27	1.37	1.04	1.22

จากตารางที่ 4-10 การผลิตน้ำหมักสีของการพิมพ์สีม่วงแดงไม่คงที่ อันเนื่องมาจากการถ่ายโอนหมึกพิมพ์ไม่คงที่ ซึ่งผลการทดลองที่ได้คล้ายกับการผลิตน้ำหมักสีของการพิมพ์สีเหลือง คือที่เม็ดสกรีนขนาด 26x26 พิกเซลมุมสกรีนปกติ แทบสี (น-3) รูปที่ 4-23 เกิดการบวมของเม็ดสกรีนมากกว่าที่มุมสกรีนเบี่ยงไป -7.5 องศา แทบสี (น-4) รูปที่ 4-24 ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4-43 ที่เม็ดสกรีน 50x50 พิกเซล ที่มุมสกรีนต่างกัน แทบสี (น-1) และ (น-2) รูปที่ 4-21 และ 4-22 มีการผลิตน้ำหมักสีไม่ต่างกัน ส่วนค่าความดำที่มุมสกรีนต่างไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4-44



รูปที่ 4-43 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมตสกรีนบนโพลีดีจีทัลและพื้นที่เมตสกรีนบนงานพิมพ์ การพิมพ์สีม่วงแดง



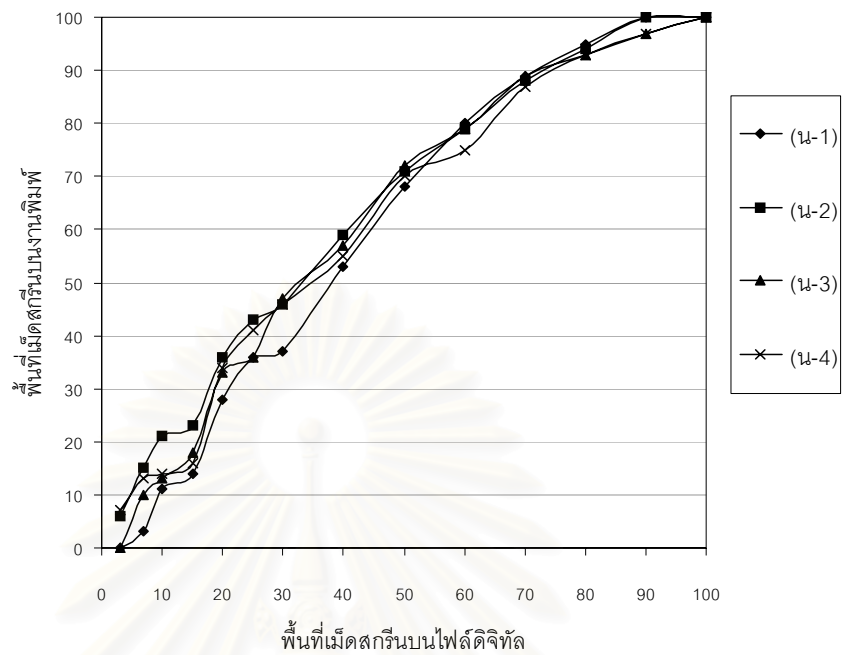
รูปที่ 4-44 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมตสกรีนบนโพลีดีจีทัลและค่าความดำนงานพิมพ์ การพิมพ์สีม่วงแดง

ตารางที่ 4-11 การผลิตน้ำหนักรีด การพิมพ์สีน้ำเงินเขียว

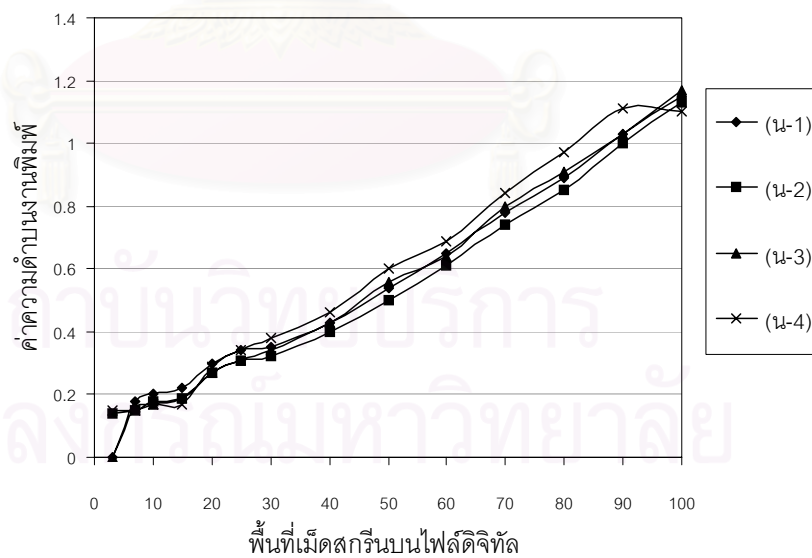
ข้อมูลนำเข้า (%)	พื้นที่เม็ดสกรีนบนงานพิมพ์ (%)				ค่าความดำบนงานพิมพ์			
	(น-1)	(น-2)	(น-3)	(น-4)	(น-1)	(น-2)	(น-3)	(น-4)
3	0	6	0	7	0	0.14	0	0.15
7	3	15	10	13	0.18	0.15	0.16	0.15
10	11	21	13	14	0.2	0.18	0.17	0.17
15	14	23	18	16	0.22	0.19	0.19	0.17
20	28	36	33	34	0.3	0.27	0.27	0.29
25	36	43	36	41	0.34	0.31	0.31	0.34
30	37	46	47	46	0.35	0.32	0.34	0.38
40	53	59	57	55	0.43	0.4	0.43	0.46
50	68	71	72	70	0.54	0.5	0.56	0.6
60	80	79	79	75	0.65	0.61	0.64	0.69
70	89	88	89	87	0.78	0.74	0.8	0.84
80	95	94	93	93	0.89	0.85	0.91	0.97
90	100	100	97	97	1.03	1	1.03	1.11
100	100	100	100	100	1.15	1.13	1.17	1.1

จากตารางที่ 4-11 การผลิตน้ำหนักรีดและค่าความดำของการพิมพ์สีน้ำเงินเขียวทั้ง 4 การทดลอง ในรูปที่ 4-21 ถึง 4-24 ไม่ต่างกัน ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4-45 และ 4-46

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-45 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมื่อดอกกรีนบนไฟลด์ดิจิทัลและพื้นที่เมื่อดอกกรีนบนงานพิมพ์ การพิมพ์สีน้ำเงินเขียว

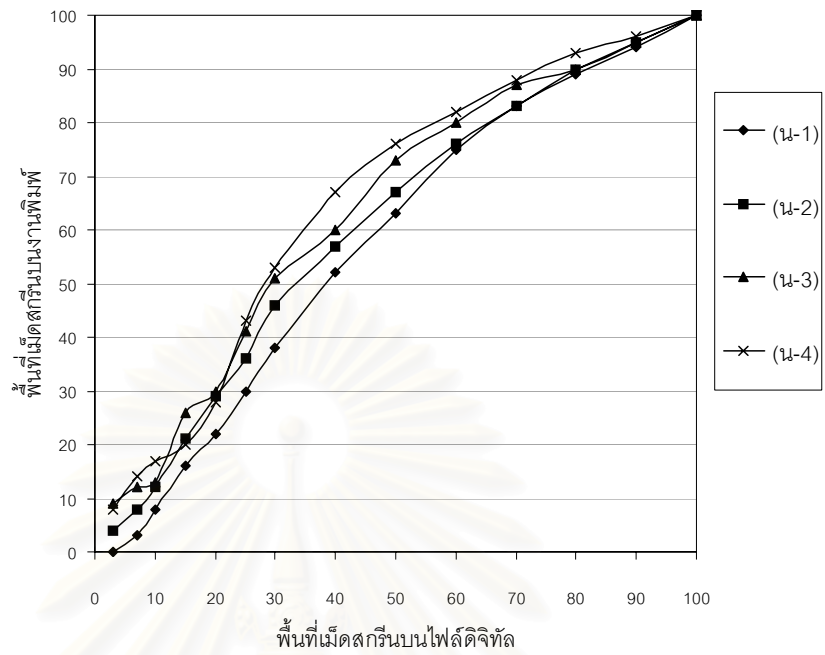


รูปที่ 4-46 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมื่อดอกกรีนบนไฟลด์ดิจิทัลและค่าความดำบนงานพิมพ์ การพิมพ์สีน้ำเงินเขียว

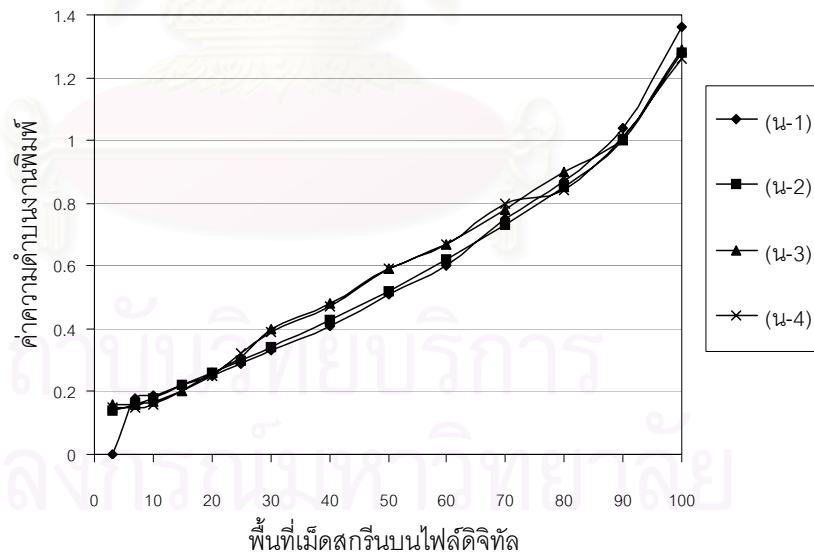
ตารางที่ 4-12 การผลิตน้ำหนักรีด การพิมพ์สีดำ

ข้อมูลนำเข้า (%)	พื้นที่เม็ดสกรีนบนงานพิมพ์ (%)				ค่าความดำบนงานพิมพ์			
	(น-1)	(น-2)	(น-3)	(น-4)	(น-1)	(น-2)	(น-3)	(น-4)
3	0	4	9	8	0	0.14	0.16	0.15
7	3	8	12	14	0.18	0.16	0.16	0.15
10	8	12	13	17	0.19	0.18	0.17	0.16
15	16	21	26	20	0.22	0.22	0.2	0.2
20	22	29	30	28	0.25	0.26	0.26	0.25
25	30	36	41	43	0.29	0.3	0.31	0.32
30	38	46	51	53	0.33	0.34	0.4	0.39
40	52	57	60	67	0.41	0.43	0.48	0.47
50	63	67	73	76	0.51	0.52	0.59	0.59
60	75	76	80	82	0.6	0.62	0.67	0.67
70	83	83	87	88	0.75	0.73	0.78	0.8
80	89	90	90	93	0.87	0.85	0.9	0.84
90	94	95	95	96	1.04	1	1.01	1.01
100	100	100	100	100	1.36	1.28	1.29	1.26

จากตารางที่ 4-12 การผลิตน้ำหนักรีดของการพิมพ์สีดำ ที่เม็ดสกรีนขนาด 26x26 พิกเซลมุมสกรีนเบี่ยงไป -7.5 องศา แถบสี (น-4) รูปที่ 4-24 เกิดการบวมของเม็ดสกรีนมากกว่าที่มุมสกรีนปกติ แถบสี (น-3) รูปที่ 4-23 ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4-47 ในขณะที่เม็ดสกรีน 50x50 พิกเซล ที่มุมสกรีนปกติ แถบสี (น-1) รูปที่ 4-21 เกิดการบวมของเม็ดสกรีนมากกว่าที่มุมสกรีนเบี่ยงไป -7.5 องศา แถบสี (น-2) รูปที่ 4-22 โดยค่าความดำของทั้ง 4 การทดลองไม่ต่างกัน ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4-48



รูปที่ 4-47 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมื่อดอกกรีนบนไฟลด์ดิจิทัลและพื้นที่เมื่อดอกกรีนบนงานพิมพ์ การพิมพ์สีดำ

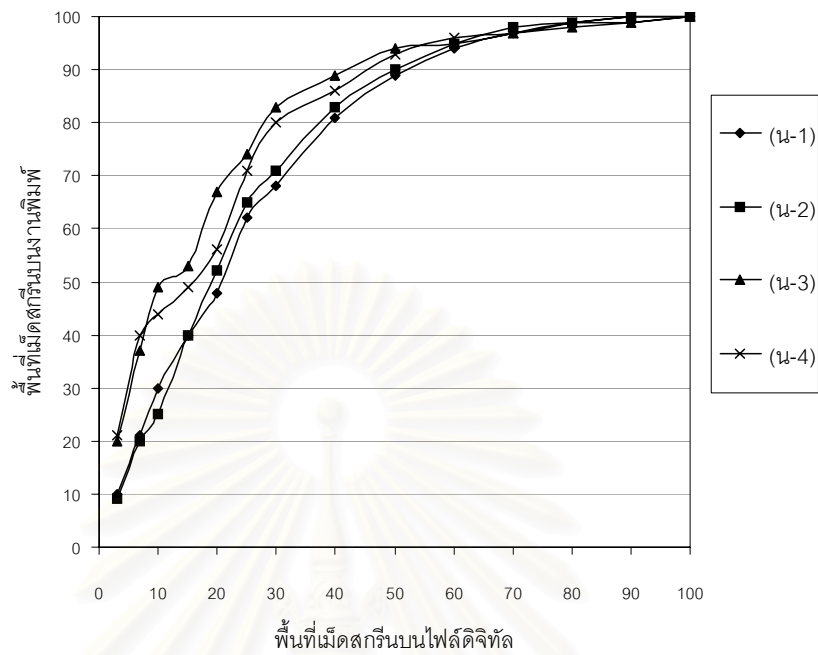


รูปที่ 4-48 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมื่อดอกกรีนบนไฟลด์ดิจิทัลและค่าความดำบนงานพิมพ์ การพิมพ์สีดำ

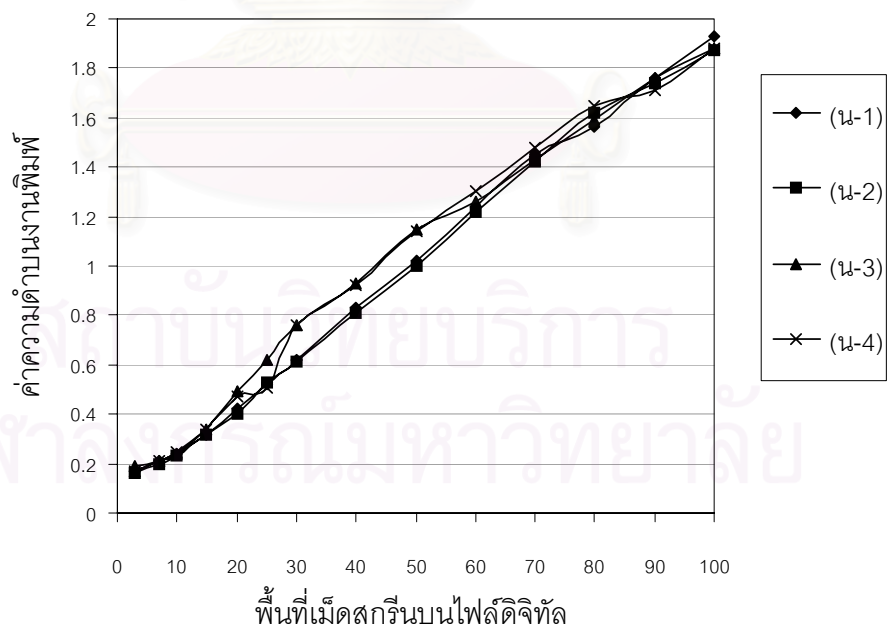
ตารางที่ 4-13 การผลิตน้ำหนักรีด การพิมพ์สอดสี

ข้อมูลนำเข้า (%)	พื้นที่เม็ดสกรีนบนงานพิมพ์ (%)				ค่าความต้านงานพิมพ์			
	(น-1)	(น-2)	(น-3)	(น-4)	(น-1)	(น-2)	(น-3)	(น-4)
3	(น-1)	(น-2)	(น-3)	(น-4)	(น-1)	(น-2)	(น-3)	(น-4)
7	10	9	20	21	0.17	0.16	0.19	0.17
10	21	20	37	40	0.21	0.2	0.21	0.21
15	30	25	49	44	0.24	0.23	0.24	0.25
20	40	40	53	49	0.32	0.32	0.34	0.34
25	48	52	67	56	0.42	0.4	0.49	0.47
30	62	65	74	71	0.52	0.53	0.62	0.51
40	68	71	83	80	0.62	0.61	0.76	0.76
50	81	83	89	86	0.83	0.81	0.93	0.92
60	89	90	94	93	1.02	1	1.15	1.14
70	94	95	95	96	1.24	1.22	1.26	1.3
80	97	98	97	97	1.45	1.42	1.43	1.48
90	99	99	98	99	1.56	1.62	1.59	1.65
100	99	100	99	100	1.76	1.74	1.76	1.71
	100	100	100	100	1.93	1.87	1.88	1.88

จากตารางที่ 4-13 การผลิตน้ำหนักรีดและค่าความต้านของการพิมพ์สอดสี
ทั้ง 4 การทดลอง ในรูปที่ 4-21 ถึง 4-24 ไม่ต่างกัน ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4-49 และ 4-50 การบวม
ของเม็ดสกรีนอยู่ที่ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ เกิดการบวมมากในบริเวณน้ำหนักรีดกลางและส่วนเงา
ทำให้รายละเอียดในบริเวณส่วนเงาขาดหายไป



รูปที่ 4-49 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมื่อดอกสีบนไฟลด์ดิจิทัลและพื้นที่เมื่อดอกสีบนงานพิมพ์ การพิมพ์ YMCK



รูปที่ 4-50 กราฟความสัมพันธ์พื้นที่เมื่อดอกสีบนไฟลด์ดิจิทัลและค่าความด่าบนงานพิมพ์ การพิมพ์ YMCK

4.2.4 สมดุลสีเทา

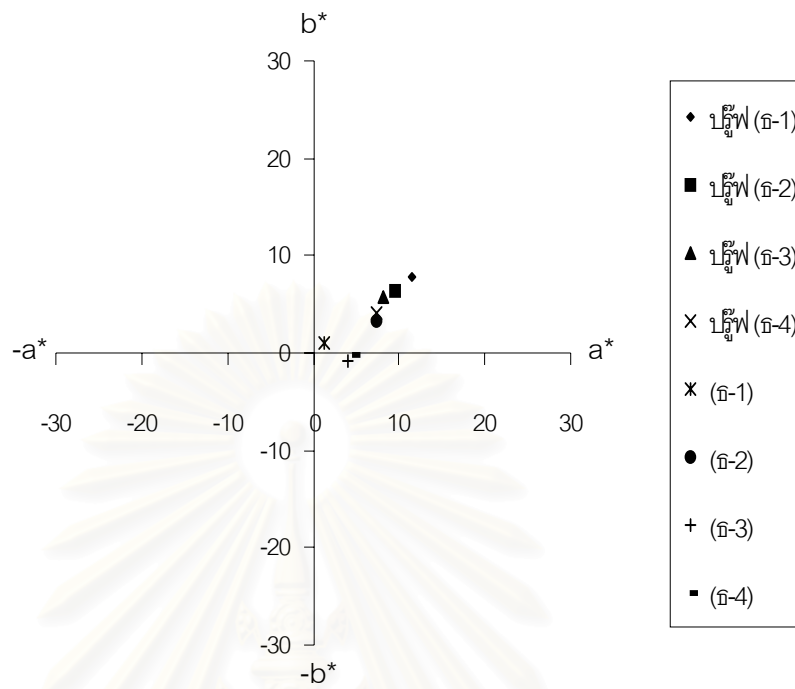
วิเคราะห์สมดุลสีเทา 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนสว่าง (ที่ 25 เเปอร์เซ็นต์สกรีน) น้ำหนักสีกลาง (ที่ 50 เเปอร์เซ็นต์สกรีน) และส่วนเงา (ที่ 80 เเปอร์เซ็นต์สกรีน) จากการพิมพ์สอดสีที่ เเปอร์เซ็นต์สกรีนเท่ากันของหมึกพิมพ์สีเหลือง ม่วงแดงและน้ำเงินเขียว

4.2.4.1 วิเคราะห์สมดุลสีเทาการทดลอง (ธ)

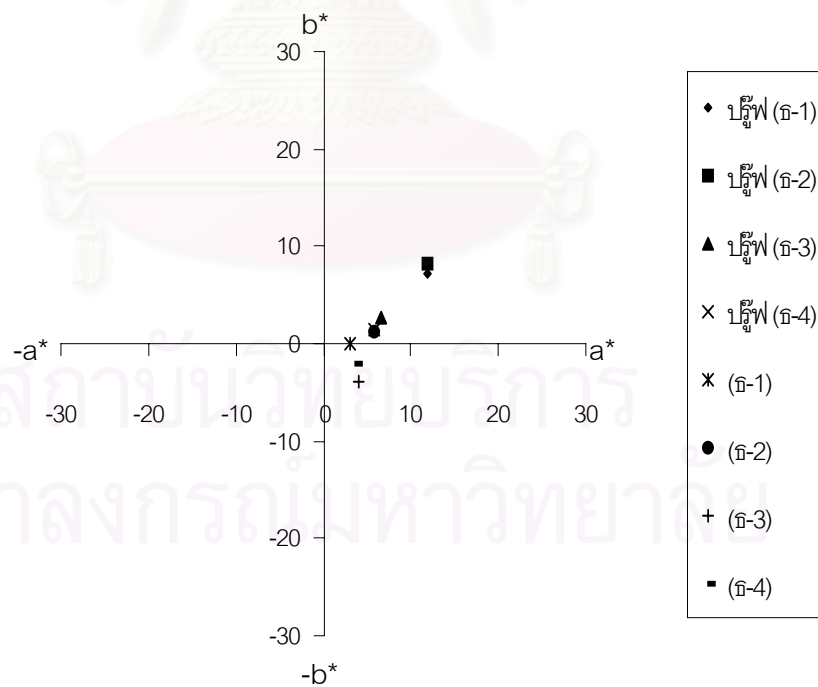
สมดุลสีเทาของการทดลอง (ธ) ในรูปที่ 4-13 ถึง 4-16 มีสีน้ำตาลเข้าใกล้สีเทากลาง ดังแสดงใน a^*, b^* diagram รูปที่ 4-51 ถึง 4-53 โดยแสดงค่า CIE a^*b^* ในตารางที่ 4-14 ค่า a^* และ b^* ในการพิมพ์ทดสอบมีค่าเข้าใกล้สีเทากลางมากกว่าปรู๊ฟ

ตารางที่ 4-14 ค่า CIE a^*b^* ของปรู๊ฟโครมาลินและการทดลอง (ธ)

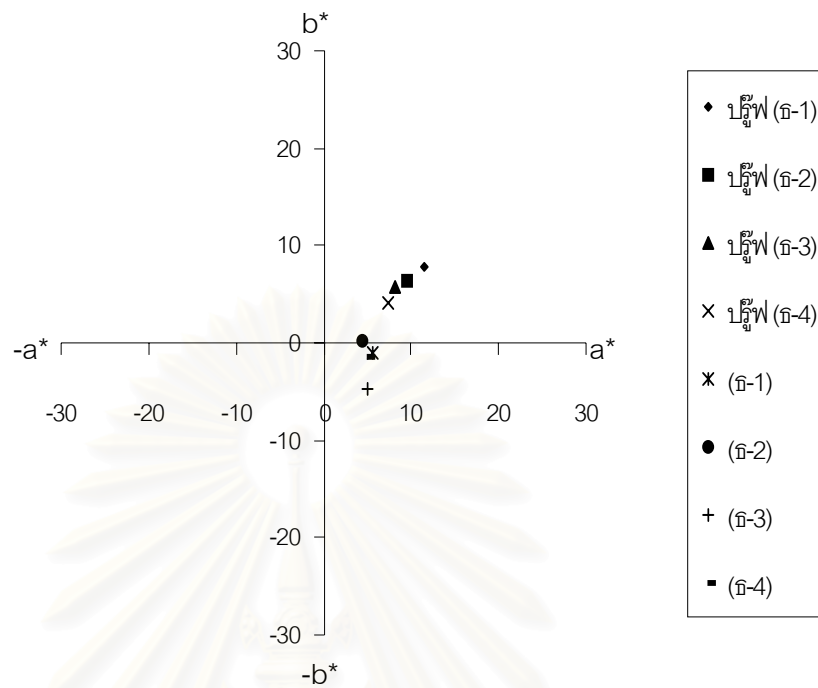
เปอร์เซ็นต์ สกรีน	CIE a^*b^*	ปรู๊ฟ				การทดลอง			
		(ธ-1)	(ธ-2)	(ธ-3)	(ธ-4)	(ธ-1)	(ธ-2)	(ธ-3)	(ธ-4)
25	a^*	11.56	9.56	8.18	7.35	1.32	7.46	3.98	4.7
	b^*	7.74	6.3	5.82	4.21	0.93	3.35	-0.76	-0.28
50	a^*	11.92	11.92	6.58	5.82	3	5.71	4.13	3.62
	b^*	7.2	8.18	2.66	1.37	-0.09	1.32	-3.91	-2.12
80	a^*	11.56	9.56	8.18	7.35	5.64	4.52	5	5.05
	b^*	7.74	6.3	5.82	4.21	-1.07	0.26	-4.73	-1.53



รูปที่ 4-51 CIE a*,b* diagram สมดุลสีเทาที่ส่วนสว่าง



รูปที่ 4-52 CIE a*,b* diagram สมดุลสีเทาที่น้ำหนักร้อย



รูปที่ 4-53 CIE a*,b* diagram สมดุลสีเทาที่ส่วนเงา

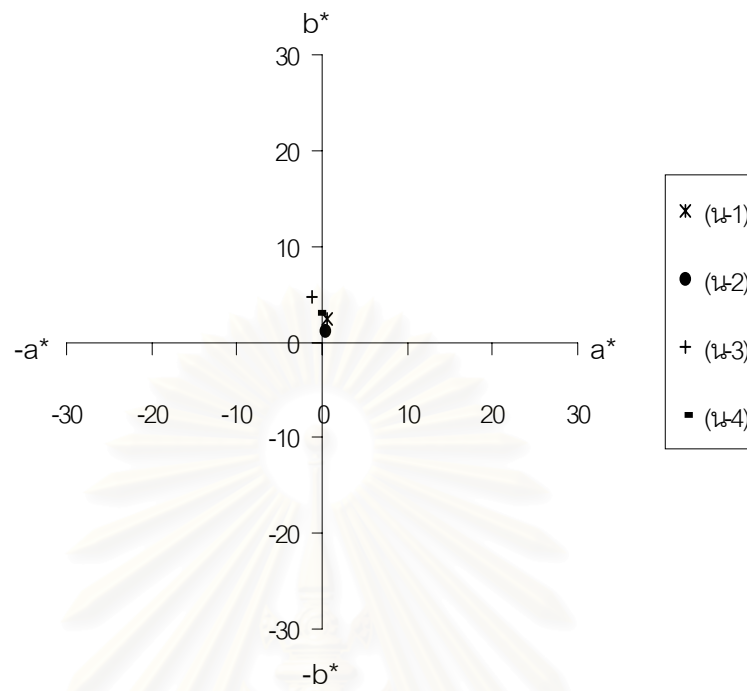
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.4.2 วิเคราะห์สมมูลสีเทาการทดลอง (น)

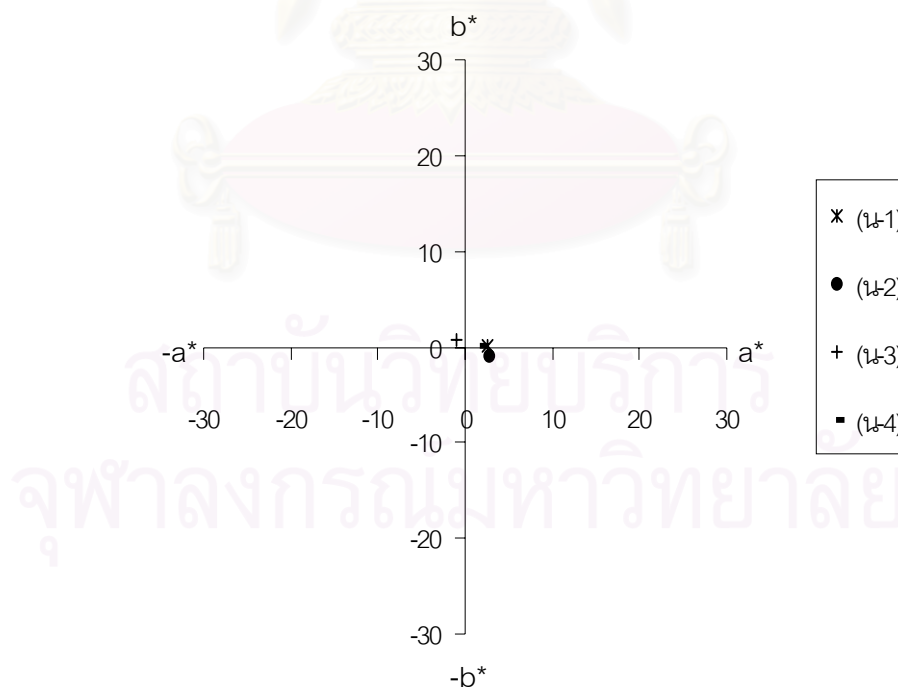
สมมูลสีเทาของการทดลอง (น) รูปที่ 4-21 ถึง 4-24 มีสีน้ำตาลเหลืองเข้าใกล้สีเทากลาง ดังแสดงใน CIE a^*, b^* diagram รูปที่ 4-54 ถึง 4-56 ซึ่งค่า CIE a^*, b^* แสดงในตารางที่ 4-15

ตารางที่ 4-15 ค่า CIE a^*, b^* ของการทดลอง (น)

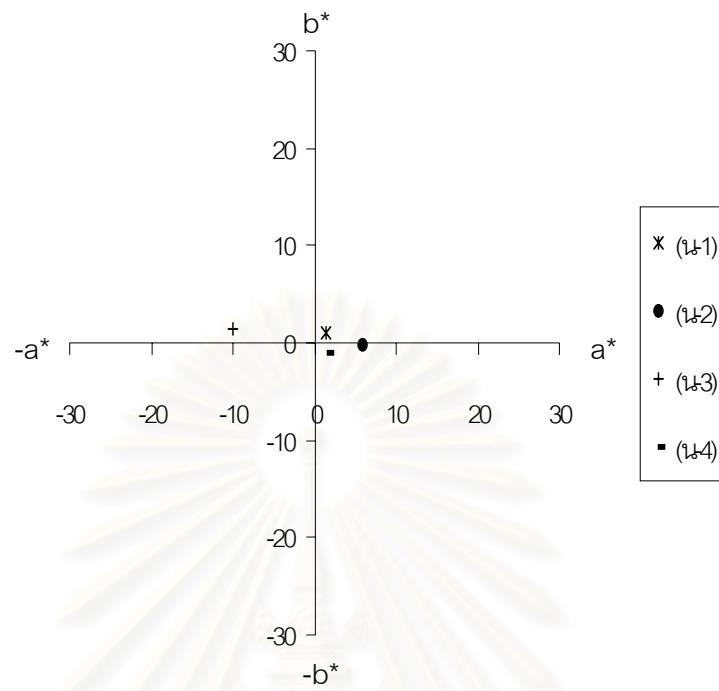
เปอร์เซ็นต์สกรีน	CIE a^*, b^*	การทดลอง			
		(น-1)	(น-2)	(น-3)	(น-4)
25	a^*	0.59	0.38	-1.23	-0.48
	b^*	2.34	1.18	4.69	3.12
50	a^*	2.63	2.86	-0.89	1.71
	b^*	0.16	-0.92	0.83	0.19
80	a^*	1.47	5.83	-9.92	1.55
	b^*	1.05	-0.26	1.36	-1.03



รูปที่ 4-54 CIE a^* , b^* diagram สมดุลสีเทาที่ส่วนสว่าง



รูปที่ 4-55 CIE a^* , b^* diagram สมดุลสีเทาที่น้ำหนักสีกลาง



รูปที่ 4-56 CIE a^* , b^* diagram สมดุลสีเทาที่ส่วนเงา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

เทคนิคการหมุนมุมสกรีนแบบ Rational - Irrational tangent สามารถหมุนมุมสกรีนได้ทุกองศาจากการแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ การผลิตฟิล์มส่งออก และการทดสอบพิมพ์ทั้งการพิมพ์สีพื้นและการพิมพ์สอดสี จากการทดสอบพิมพ์ฮา์ฟโทนทุกองศาสกรีนด้วยหมึกพิมพ์ทั้ง 4 สีพบว่าเกิดตาเสื่อที่ช่วงมุมสกรีน 37-52 องศา ในทุกสี และจากการทดสอบพิมพ์ภาพสอดสี ที่มุมสกรีนปกติ ที่ 0, 75, 15 และ 45 องศา พิมพ์หมึกพิมพ์สีเหลือง ม่วงแดง น้ำเงินเขียวและดำตามลำดับ ที่สลับมุมสกรีนระหว่างหมึกพิมพ์สีม่วงแดงและดำ และที่เบี่ยงมุมสกรีนไป -7.5 องศา จากมุมสกรีนปกติ ให้ผลเหมือนกัน โดยไม่เกิดตาเสื่อ

จากข้อจำกัดของเครื่องเครื่องผลิตฟิล์ม Linotronic 260 ซึ่งมีความสามารถในการผลิตรายละเอียดสูงสุดที่ 2540 จุดต่อนิ้ว เมื่อใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนขนาด 50x50 พิกเซล สร้างเม็ดสกรีนสำหรับการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี [17] จะให้งานพิมพ์ที่มีความละเอียดต่ำ และเมื่อใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนขนาด 26x26 พิกเซลสร้างเม็ดสกรีน ได้งานพิมพ์ที่มีรายละเอียดเพิ่มขึ้นโดยยังคงความกลมของเม็ดสกรีนไว้ ก็พบว่าในบริเวณส่วนสว่างรูปร่างของเม็ดสกรีนเริ่มมีรูปร่างไม่กลม เมื่อทำการทดสอบพิมพ์ พบว่างานพิมพ์ที่ได้จากค่าขีดเริ่มเปลี่ยนขนาด 50x50 พิกเซล เกิดการบวมของเม็ดสกรีนน้อยกว่า เนื่องจากการขยายตัวของเม็ดสกรีนขนาดใหญ่ขยายตัวน้อยกว่าเม็ดสกรีนขนาดเล็กในพื้นที่เท่ากัน รวมทั้งการเกิดตาเสื่อที่เกิดขึ้นจากการแทรกสอดของมุมสกรีนที่ไม่เหมาะสม และระหว่างมุมสกรีนของภาพกับเส้นสกรีนบนลูกกลิ้งแอนิลอกซ์แล้ว ยังขึ้นกับความถี่สกรีน ที่เม็ดสกรีนขนาดใหญ่ความถี่สกรีนต่ำ เกิดการเสริมกันของเส้นสกรีนได้ยากกว่าจากการมองด้วยตาเปล่า จึงเกิดตาเสื่อยากกว่า

ความดำพื้นตาย ความเบี่ยงต่างการพิมพ์ สามารถยอมรับได้ในทางปฏิบัติ การเบี่ยงมุมสกรีน -7.5 องศาในการทดลองนี้ไม่มีผลต่อการผลิตน้ำหนักสีของภาพพิมพ์ทดสอบสอดสีที่เม็ดสกรีนขนาดเท่ากัน คุณภาพของงานพิมพ์ที่ได้อยู่ในระดับดี สมดุลสีเทาที่ได้จากการพิมพ์หมึกพิมพ์สีเหลือง ม่วงแดงและน้ำเงินเขียวที่เปอร์เซ็นต์สกรีนเท่ากัน ให้สีน้ำตาลเข้าใกล้สีเทากลาง และ

เนื่องจากข้อมูลในการชดเชยเม็ดสกรีนไม่มากพอทำให้การชดเชยเม็ดสกรีนบวมยังไม่เหมาะสม งานพิมพ์ขาดรายละเอียดในส่วนสว่างและภาพที่ได้สว่างเกินไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

การปรับตั้งและสภาวะการพิมพ์มีความสำคัญในการแสดงผลการทดลอง ดังนั้นควรมีการควบคุมสภาวะการพิมพ์ในขณะที่พิมพ์ของเครื่องพิมพ์และหมึกพิมพ์ให้คงที่ การเกิดการบวมของเม็ดสกรีนเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้จึงควรมีการตรวจสอบการบวมของเม็ดสกรีนที่ถูกต้องของอุปกรณ์ เพื่อให้สามารถชดเชยการเกิดเม็ดสกรีนบวมที่เหมาะสมในการผลิตภาพฮาล์ฟโทน รวมทั้งการเกิดเม็ดสกรีนบวมบนวัสดุต่างชนิดกันมีให้ผลต่างกัน จึงควรมีการทดลองพิมพ์บนวัสดุพิมพ์อื่น ทั้งที่เป็นพอลิเมอร์และกระดาษ

ควรมีการสร้างมูมสกรีนสำหรับเม็ดสกรีนแบบลูกผสมระหว่างเม็ดสกรีนแบบดั้งเดิม (AM screen) และเม็ดสกรีนฝุ่น (FM screen) ซึ่งรวมข้อดีของเม็ดสกรีนแบบดั้งเดิม ที่แสดงรายละเอียดในส่วนน้ำหนักสีกลางได้ดี และเม็ดสกรีนฝุ่นที่แสดงรายละเอียดในส่วนสว่างและส่วนเงาได้ดี สำหรับการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี เพื่อการผลิตงานพิมพ์ที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น และพัฒนาให้สามารถใช้ได้กับงานพิมพ์ทุกระบบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. Dykes, Y. Flexographic: Principle & Practices. 5th ed. Vol. 2. New York : Foundation of Flexographic Technical Association Press, 1999: 26-47.
2. Blatner, D. and Roth, S. F. Real World Scanning and Halftones. California: Presspit Press, 1993: 9-21.
3. Yule, J. A. C. and Field, G. G. Principle of Color Reproduction. USA: Graphic Arts Technical Foundation, 2000: 328-346.
4. Fink, P. Postscript Screening. California: Adobe Systems Incorporated, 1992: 63-68.
5. Blatner, D. and Roth, S. F. Real World Scanning and Halftones. California: Presspit Press, 1993: 39-50.
6. Roetling, R. G. and Loce, R. P., Digital Image Processing Method. New York: Marcel Dekker, 1994: 388-409.
7. Anderson, P. G., An Algebraic Mask for Halftone Dithering, Recent Progress in Digital Halftoning, Eschbach R., Springfield: The Society for Imaging Science and Technology, 1994: 61-63.
8. Kang, H.R. Digital Color Halftoning. 1st ed. Washington: IEEE Press, 1999: 131-147.
9. Fink, P. Postscript Screening. California: Adobe Systems Incorporated, 1992: 43-61.
10. Blatner, D. and Roth, S. F. Real World Scanning and Halftones. California: Presspit Press, 1993: 81-86.
11. Sloan, K. and Wang Y. Texture as Information. Recent Progress in Digital Halftoning. Springfield: The Society for Imaging Science and Technology, 1994: 17-20.
12. Wang, S., Chen, T. And Ebner, F. F. Cluster dot halftoning system. Stamford, NY. United State Patent 5740279, 1996.
13. Blatner, D. and Roth, S. F. Real World Scanning and Halftones. California: Presspit Press, 1993: 87-94.

14. Kang, H.R. Digital Color Halftoning. 1st ed. Washington : IEEE Press, 1999: 252-274.
15. FFTA. The Beginner Flexographer. Vol. 5. Ronkonkoma. New York. 1995: 7-58.
16. Hel-Or, H. Z., Zhang, X., Alto, P., and Wandell, B. A. Adaptive cluster dot dithering. Journal of electronic Imaging. 1999: 133-144.
17. จุฬารัตน์ กัลยาจิตรโกศล ชั้นตอนวิธีการสร้างเมตสกรีนสำหรับการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
18. Levien, R. L. Screen Generation for Halftone Screening of Image. McDowell, VA: United States Patent 5291310, 1991.
19. Ashworth, W. F., Method and Apparatus for Preparing Color Screens in Halftone Image. Wellington, New Zealand: United States Patent 6072592, 2000.
20. Arai, K. and Ishikawa, K. Image Forming Apparatus. Tokyo, Japan: United States Patent 6133927, 2000.
21. สุรัช นัทธิ มาตราฐานการแยกสีสำหรับการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

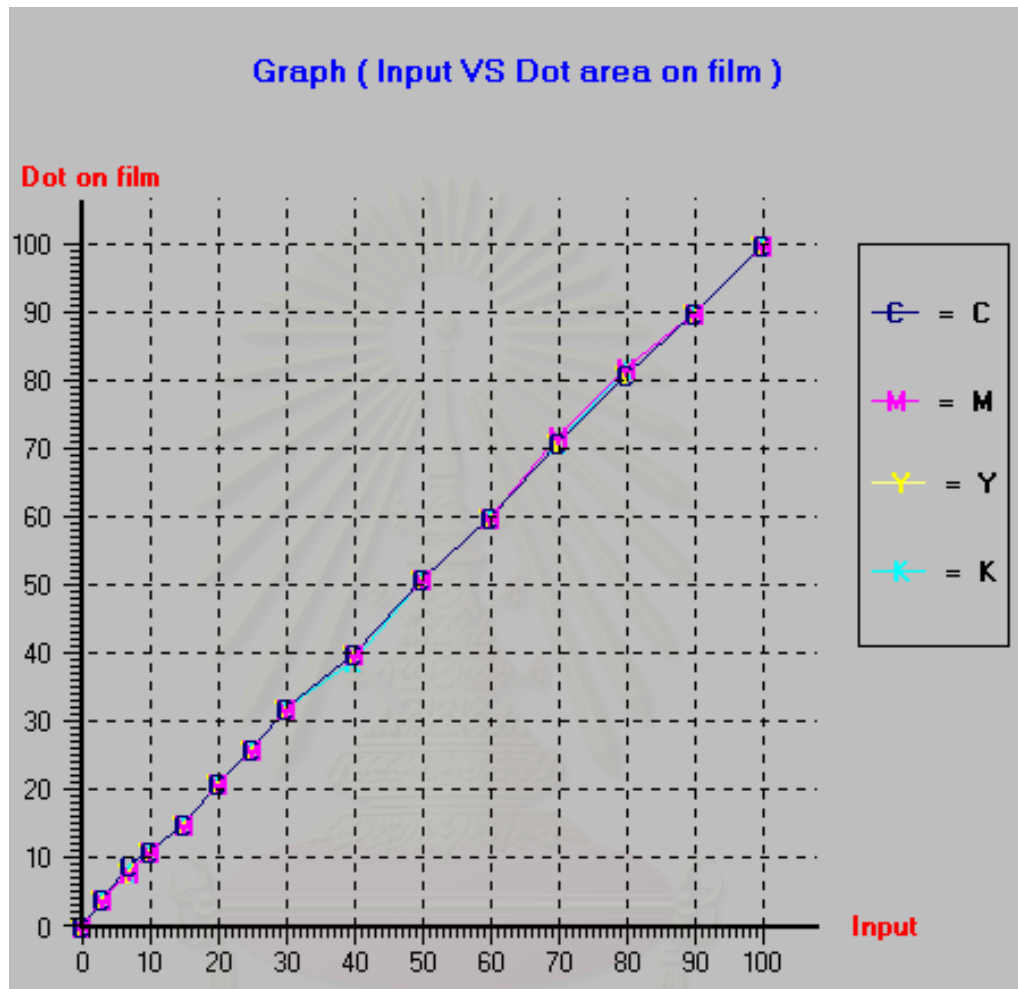
ภาคผนวก ก

ผลการทดลองของระบบการพิมพ์และการแยกสี

มาตรฐานการแยกสีสำหรับการพิมพ์เพล็ทโซกราฟี [21] ที่เม็ดสกรีนขนาด 26x26 พิกเซล
มูมสกรีน Y = 82.5 องศา, M = 67.5 องศา, C = 7.5 องศา และ K = 37.5 องศา

ตารางที่ ก-1 ข้อมูลนำเข้าดิจิทัล และ พื้นที่เม็ดสกรีนบนฟิล์ม

ข้อมูลนำเข้า (%)	พื้นที่เม็ดสกรีนบนฟิล์ม (%)			
	C	M	Y	K
0	0	0	0	0
3	4	4	4	4
7	9	8	8	8
10	11	11	11	11
15	15	15	15	15
20	21	21	21	21
25	26	26	26	26
30	32	32	32	32
40	40	40	40	39
50	51	51	51	51
60	60	60	60	60
70	71	72	71	71
80	81	82	81	82
90	90	90	90	90
100	100	100	100	100



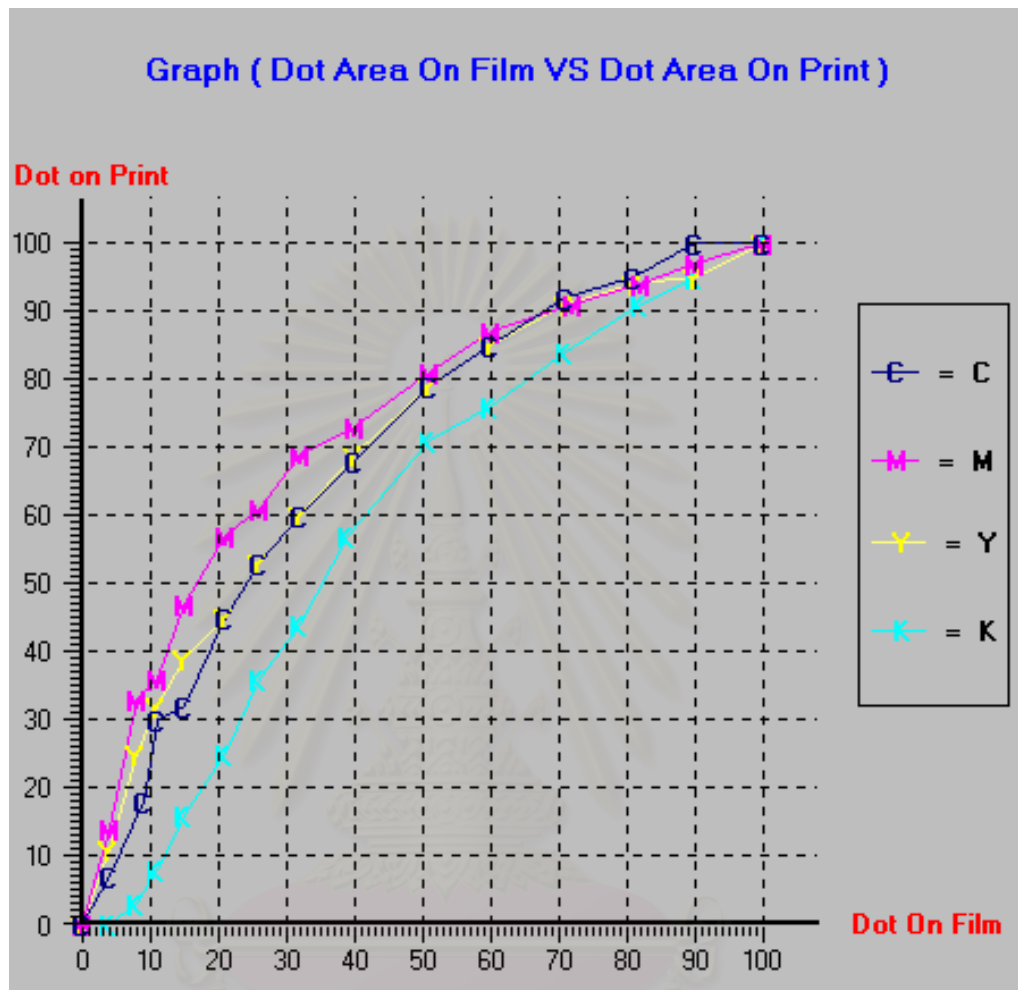
รูปที่ ก-1. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าข้อมูลนำเข้าและพื้นที่เม็ดสกรีนบนฟิล์ม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-2 พื้นที่เม็ดสีกรีนบนฟิล์ม และ พื้นที่เม็ดสีกรีนบนงานพิมพ์

พื้นที่เม็ดสีกรีนบนฟิล์ม (%)				พื้นที่เม็ดสีกรีนบนงานพิมพ์ (%)			
C	M	Y	K	C	M	Y	K
0	0	0	0	0	0	0	0
4	4	4	4	7	14	11	0
9	8	8	8	18	33	25	3
11	11	11	11	30	36	32	8
15	15	15	15	32	47	39	16
21	21	21	21	45	57	45	25
26	26	26	26	53	61	53	36
32	32	32	32	60	69	60	44
40	40	40	39	68	73	69	57
51	51	51	51	79	81	79	71
60	60	60	60	85	87	85	76
71	72	71	71	92	94	91	84
81	82	81	82	95	94	94	91
90	90	90	90	100	97	95	95
100	100	100	100	100	100	100	100

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก-2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่เม็ดสกรีนบนฟิล์ม

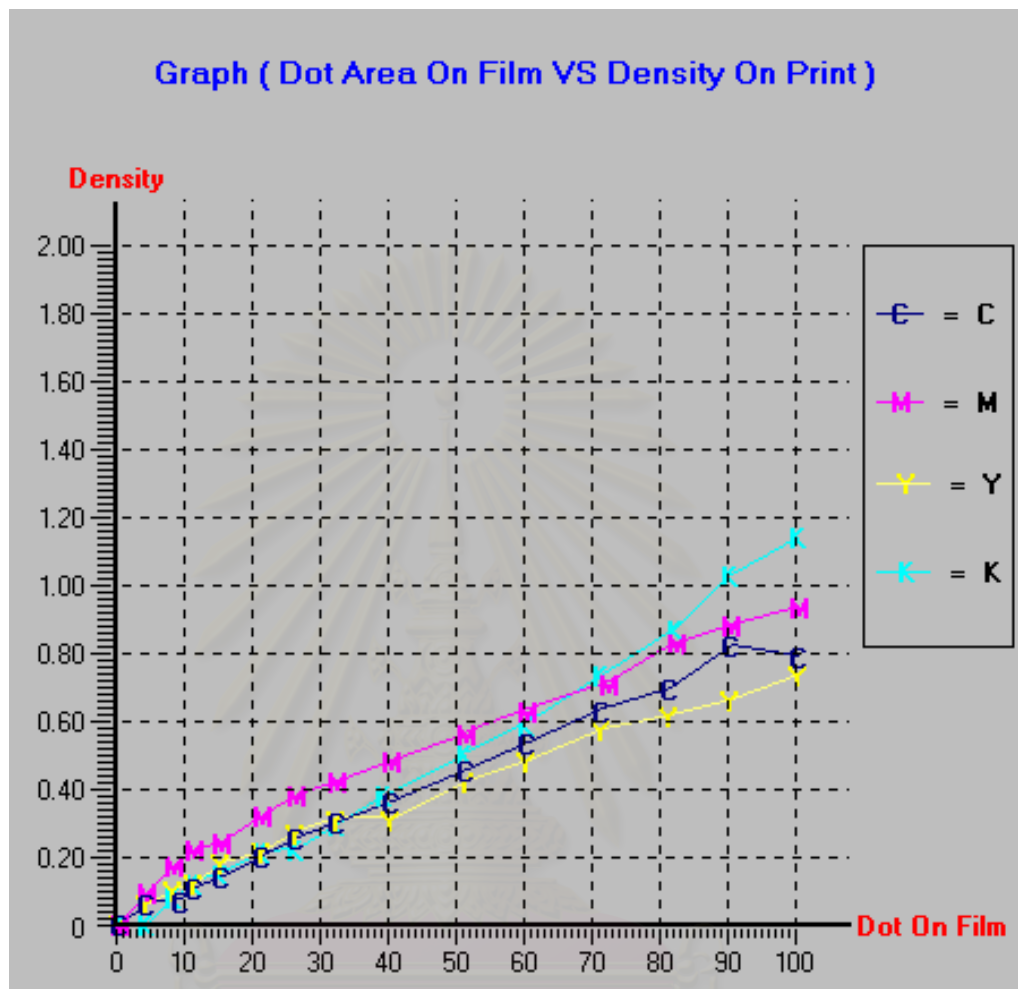
และพื้นที่เม็ดสกรีนบนงานพิมพ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-3 พื้นที่เม็ดสกรีนบนฟิล์ม และ ค่าความต้านงานพิมพ์

พื้นที่เม็ดสกรีนบนฟิล์ม (%)				ค่าความต้านงานพิมพ์			
C	M	Y	K	C	M	Y	K
0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
4	4	4	4	0.06	0.09	0.06	0.00
9	8	8	8	0.07	0.17	0.1	0.08
11	11	11	11	0.11	0.22	0.12	0.12
15	15	15	15	0.14	0.24	0.118	0.15
21	21	21	21	0.2	0.32	0.21	0.21
26	26	26	26	0.25	0.38	0.27	0.22
32	32	32	32	0.3	0.42	0.31	0.29
40	40	40	39	0.36	0.48	0.31	0.38
51	51	51	51	0.45	0.56	0.42	0.5
60	60	60	60	0.53	0.63	0.48	0.59
71	72	71	71	0.63	0.71	0.57	0.73
81	82	81	82	0.69	0.83	0.61	0.87
90	90	90	90	0.82	0.88	0.66	1.03
100	100	100	100	0.79	0.93	0.73	1.14

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก-3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่เม็ดสกรีนบนฟิล์ม

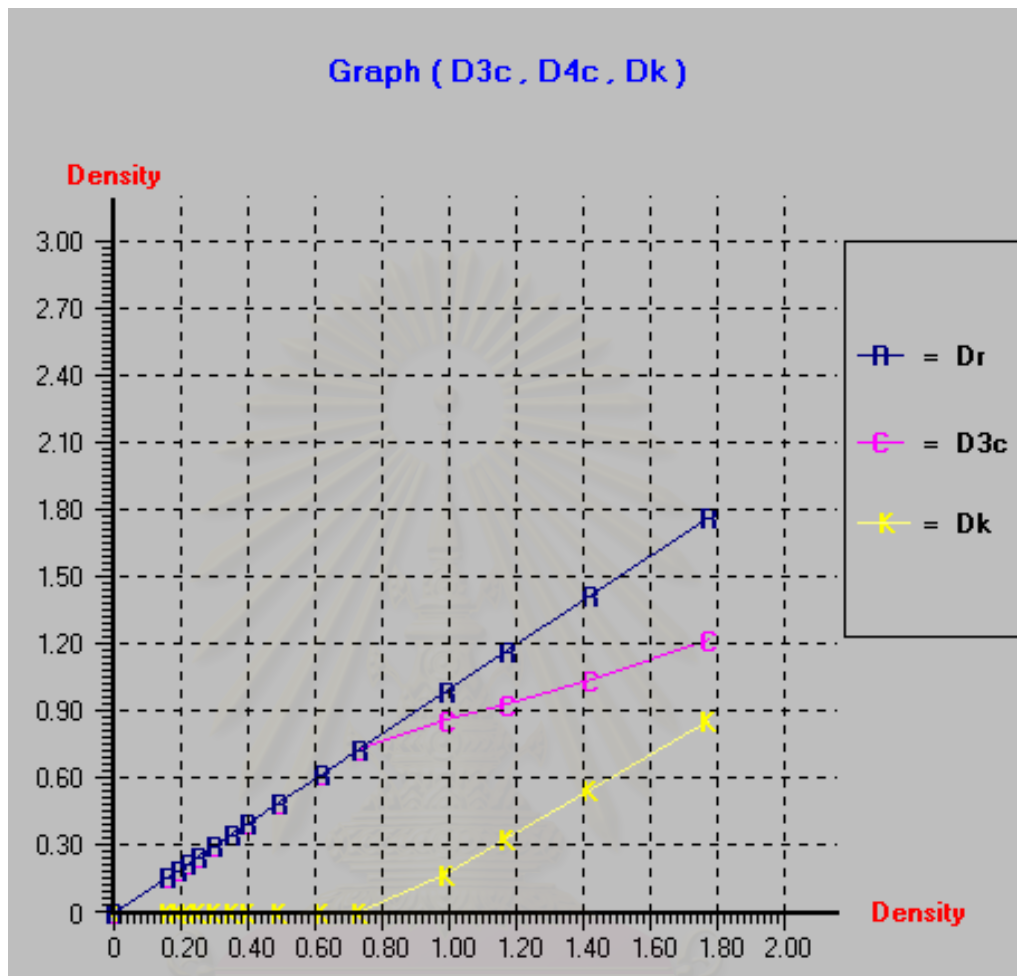
และค่าความดำบนงานพิมพ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-4 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความดำของงานพิมพ์ (D_o), ค่าความดำที่งานพิมพ์ 4 สี (D_{4c}), ค่าความดำที่งานพิมพ์ 3 สี (D_{3c}) และ ค่าความดำของสีดำ (D_K)

D_o	D_r	D_{3c}	D_K
0.00	0.00	0.00	0.00
0.16	0.16	0.22	0.00
0.19	0.19	0.33	0.00
0.22	0.22	0.37	0.00
0.25	0.25	0.42	0.00
0.3	0.3	0.49	0.00
0.35	0.35	0.55	0.00
0.4	0.4	0.62	0.00
0.49	0.49	0.7	0.00
0.62	0.62	0.79	0.00
0.73	0.73	0.89	0.00
0.99	0.99	0.96	0.17
1.17	1.17	1.03	0.33
1.42	1.42	1.12	0.55
1.77	1.77	1.23	0.86

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



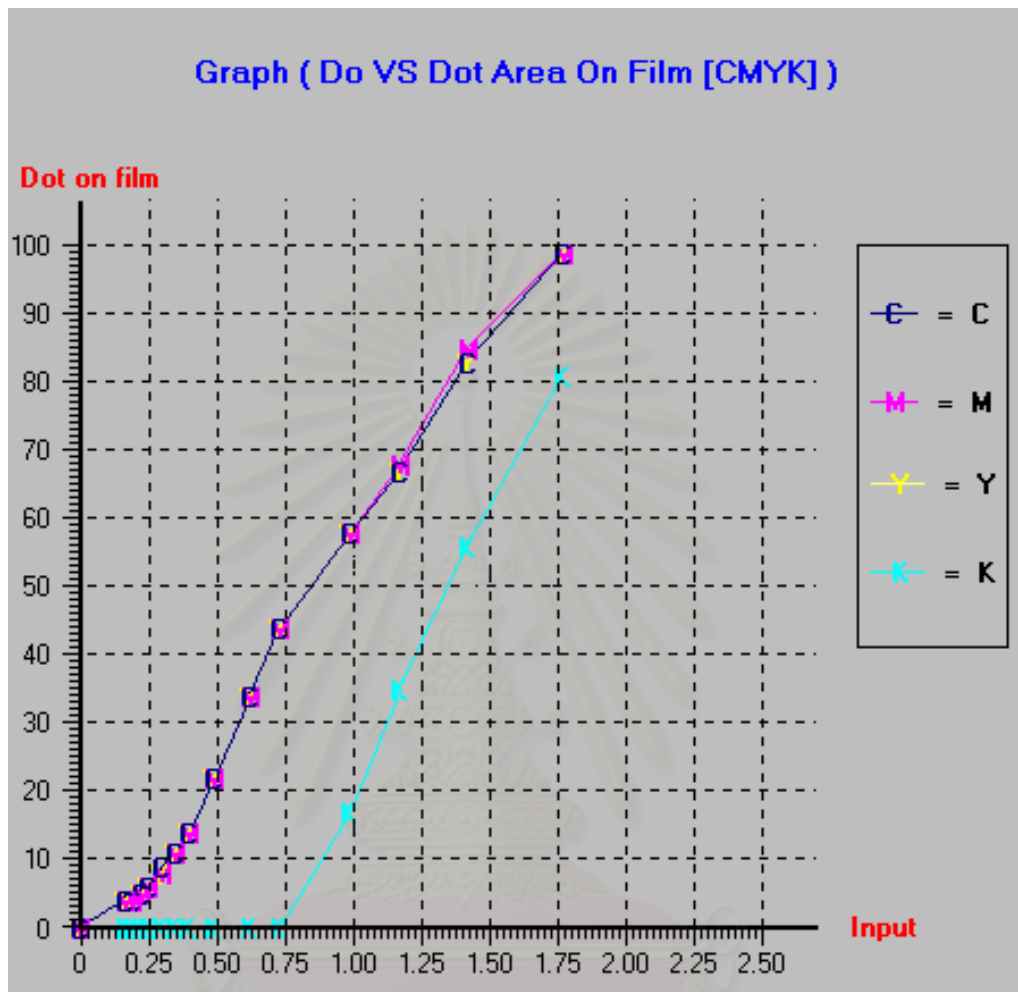
รูปที่ ก-4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำของการพิมพ์ 3 สี (D3c), ค่าความดำของการพิมพ์ 4 สี (D4c) และค่าความดำของการพิมพ์สีดำบนงานพิมพ์ (Dk)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-5 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความดำของงานพิมพ์ (Do) และพื้นที่เม็ด
สกรีนบนฟิล์ม 4 สี (CMYK)

Do	C	Y	M	K
0.00	0	0	0	0
0.16	4	4	4	0
0.19	4	4	4	0
0.22	5	5	5	0
0.25	6	6	6	0
0.3	9	8	8	0
0.35	11	11	11	0
0.4	14	14	14	0
0.49	22	22	22	0
0.62	34	34	34	0
0.73	44	44	44	0
0.99	58	58	58	17
1.17	67	68	67	35
1.42	84	85	84	56
1.77	99	99	99	81

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก-5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำของงานพิมพ์ (Do) และพื้นที่เม็ดสกรีนบนฟิล์ม 4 สี (CMYK)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

รายละเอียดซอฟต์แวร์การสร้างมูมสกรีน

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>

#define MAX 6
#define PI 3.141592654

int xsize;
int ysize;
int kind;
int bit;
int CellSize;          /* use for beyond bi-level output*/

float angle;          /* set desired screen angle(0.0-90.0degree) here */

unsigned char *filein,*fileout;

char name1[30];
char name2[30];

/*dither matrix*/
static int mat[MAX][50][50] = {
/*Number 0 "HT_Type4"*/
    {
        { 324, 322, 318, 312, 304, 296, 286, 278, 269, 260, 254, 246, 243, 243, 246, 254, 260, 269, 278, 286, 296, 304, 312,
          318, 322, 324 },
        { 322, 316, 310, 302, 291, 279, 266, 251, 236, 222, 215, 210, 205, 205, 210, 215, 222, 236, 251, 266, 279, 291, 302,
          310, 316, 322 },
        { 318, 310, 299, 288, 275, 256, 234, 216, 201, 188, 181, 175, 171, 171, 175, 181, 188, 201, 216, 234, 256, 275, 288,
          299, 310, 318 },
        { 312, 302, 288, 270, 250, 223, 203, 184, 168, 158, 149, 144, 140, 140, 144, 149, 158, 168, 184, 203, 223, 250, 270,
          288, 302, 312 },
        { 304, 291, 275, 250, 220, 197, 176, 156, 141, 131, 121, 115, 113, 113, 115, 121, 131, 141, 156, 176, 197, 220, 250,
          275, 291, 304 },
    }

```

{ 296, 279, 256, 223, 197, 170, 151, 133, 116, 104, 96, 90, 86, 86, 90, 96, 104, 116, 133, 151, 170, 197, 223, 256, 279, 296 },

{ 286, 266, 234, 203, 176, 151, 127, 109, 95, 82, 73, 69, 65, 65, 69, 73, 82, 95, 109, 127, 151, 176, 203, 234, 266, 286 },

{ 278, 251, 216, 184, 156, 133, 109, 91, 75, 63, 54, 50, 46, 46, 50, 54, 63, 75, 91, 109, 133, 156, 184, 216, 251, 278 },

{ 269, 236, 201, 168, 141, 116, 95, 75, 60, 49, 39, 34, 31, 31, 34, 39, 49, 60, 75, 95, 116, 141, 168, 201, 236, 269 },

{ 260, 222, 188, 158, 131, 104, 82, 63, 49, 35, 27, 21, 19, 19, 21, 27, 35, 49, 63, 82, 104, 131, 158, 188, 222, 260 },

{ 254, 215, 181, 149, 121, 96, 73, 54, 39, 27, 17, 12, 9, 9, 12, 17, 27, 39, 54, 73, 96, 121, 149, 181, 215, 254 },

{ 246, 210, 175, 144, 115, 90, 69, 50, 34, 21, 12, 5, 3, 3, 5, 12, 21, 34, 50, 69, 90, 115, 144, 175, 210, 246 },

{ 243, 205, 171, 140, 113, 86, 65, 46, 31, 19, 9, 3, 1, 1, 3, 9, 19, 31, 46, 65, 86, 113, 140, 171, 205, 243 },

{ 243, 205, 171, 140, 113, 86, 65, 46, 31, 19, 9, 3, 1, 1, 3, 9, 19, 31, 46, 65, 86, 113, 140, 171, 205, 243 },

{ 246, 210, 175, 144, 115, 90, 69, 50, 34, 21, 12, 5, 3, 3, 5, 12, 21, 34, 50, 69, 90, 115, 144, 175, 210, 246 },

{ 254, 215, 181, 149, 121, 96, 73, 54, 39, 27, 17, 12, 9, 9, 12, 17, 27, 39, 54, 73, 96, 121, 149, 181, 215, 254 },

{ 260, 222, 188, 158, 131, 104, 82, 63, 49, 35, 27, 21, 19, 19, 21, 27, 35, 49, 63, 82, 104, 131, 158, 188, 222, 260 },

{ 269, 236, 201, 168, 141, 116, 95, 75, 60, 49, 39, 34, 31, 31, 34, 39, 49, 60, 75, 95, 116, 141, 168, 201, 236, 269 },

{ 278, 251, 216, 184, 156, 133, 109, 91, 75, 63, 54, 50, 46, 46, 50, 54, 63, 75, 91, 109, 133, 156, 184, 216, 251, 278 },

{ 286, 266, 234, 203, 176, 151, 127, 109, 95, 82, 73, 69, 65, 65, 69, 73, 82, 95, 109, 127, 151, 176, 203, 234, 266, 286 },

},

{ 296, 279, 256, 223, 197, 170, 151, 133, 116, 104, 96, 90, 86, 86, 90, 96, 104, 116, 133, 151, 170, 197, 223, 256, 279, 296 },

{ 304, 291, 275, 250, 220, 197, 176, 156, 141, 131, 121, 115, 113, 113, 115, 121, 131, 141, 156, 176, 197, 220, 250, 275, 291, 304 },

{ 312, 302, 288, 270, 250, 223, 203, 184, 168, 158, 149, 144, 140, 140, 144, 149, 158, 168, 184, 203, 223, 250, 270, 288, 302, 312 },

{ 318, 310, 299, 288, 275, 256, 234, 216, 201, 188, 181, 175, 171, 171, 175, 181, 188, 201, 216, 234, 256, 275, 288, 299, 310, 318 },

{ 322, 316, 310, 302, 291, 279, 266, 251, 236, 222, 215, 210, 205, 205, 210, 215, 222, 236, 251, 266, 279, 291, 302, 310, 316, 322 },

{ 324, 322, 318, 312, 304, 296, 286, 278, 269, 260, 254, 246, 243, 243, 246, 254, 260, 269, 278, 286, 296, 304, 312, 318, 322, 324 },

},

/*Number 1 "HT_Type5"*/

{

{ 324, 323, 321, 319, 315, 311, 306, 300, 294, 286, 279, 274, 270, 268, 265, 263, 261, 259, 258, 257, 254, 249, 246, 245, 243, 243, 245, 246, 249, 254, 257, 258, 259, 261, 263, 265, 268, 270, 274, 279, 286, 294, 300, 306, 311, 315, 319, 321, 323, 324 },

{ 323, 322, 320, 317, 314, 310, 304, 299, 292, 285, 277, 273, 269, 266, 264, 260, 255, 247, 241, 238, 233, 231, 228, 227, 226, 226, 227, 228, 231, 233, 238, 241, 247, 255, 260, 264, 266, 269, 273, 277, 285, 292, 299, 304, 310, 314, 317, 320, 322, 323 },

{ 321, 320, 318, 316, 312, 308, 303, 297, 290, 283, 276, 272, 267, 262, 251, 242, 236, 230, 222, 219, 215, 213, 210, 206, 205, 205, 206, 210, 213, 215, 219, 222, 230, 236, 242, 251, 262, 267, 272, 276, 283, 290, 297, 303, 308, 312, 316, 318, 320, 321 },

{ 319, 317, 316, 313, 309, 305, 301, 295, 289, 281, 275, 271, 252, 240, 232, 225, 217, 212, 204, 202, 198, 194, 191, 190, 189, 189, 190, 191, 194, 198, 202, 204, 212, 217, 225, 232, 240, 252, 271, 275, 281, 289, 295, 301, 305, 309, 313, 316, 317, 319 },

{ 315, 314, 312, 309, 307, 302, 296, 291, 284, 278, 256, 244, 234, 224, 216, 207, 201, 195, 188, 183, 181, 178, 175, 174, 171, 171, 174, 175, 178, 181, 183, 188, 195, 201, 207, 216, 224, 234, 244, 256, 278, 284, 291, 296, 302, 307, 309, 312, 314, 315 },

{ 311, 310, 308, 305, 302, 298, 293, 287, 280, 253, 239, 229, 218, 209, 200, 192, 185, 179, 173, 167, 165, 161, 159, 157, 155, 155, 157, 159, 161, 165, 167, 173, 179, 185, 192, 200, 209, 218, 229, 239, 253, 280, 287, 293, 298, 302, 305, 308, 310, 311 },

{ 306, 304, 303, 301, 296, 293, 288, 282, 250, 237, 223, 214, 203, 193, 184, 177, 168, 164, 158, 153, 149, 146, 144, 142, 140, 140, 142, 144, 146, 149, 153, 158, 164, 168, 177, 184, 193, 203, 214, 223, 237, 250, 282, 288, 293, 296, 301, 303, 304, 306 },

{ 300, 299, 297, 295, 291, 287, 282, 248, 235, 221, 211, 199, 187, 180, 169, 163, 154, 148, 143, 137, 134, 132, 129, 126, 125, 125, 126, 129, 132, 134, 137, 143, 148, 154, 163, 169, 180, 187, 199, 211, 221, 235, 248, 282, 287, 291, 295, 297, 299, 300 },

{ 294, 292, 290, 289, 284, 280, 250, 235, 220, 208, 197, 186, 176, 166, 156, 147, 141, 135, 131, 124, 121, 118, 115, 114, 113, 113, 114, 115, 118, 121, 124, 131, 135, 141, 147, 156, 166, 176, 186, 197, 208, 220, 235, 250, 280, 284, 289, 290, 292, 294 },

{ 286, 285, 283, 281, 278, 253, 237, 221, 208, 196, 182, 172, 162, 152, 145, 136, 128, 122, 117, 111, 107, 105, 103, 101, 99, 99, 101, 103, 105, 107, 111, 117, 122, 128, 136, 145, 152, 162, 172, 182, 196, 208, 221, 237, 253, 278, 281, 283, 285, 286 },

{ 279, 277, 276, 275, 256, 239, 223, 211, 197, 182, 170, 160, 151, 139, 133, 123, 116, 110, 104, 98, 96, 93, 90, 89, 86, 86, 89, 90, 93, 96, 98, 104, 110, 116, 123, 133, 139, 151, 160, 170, 182, 197, 211, 223, 239, 256, 275, 276, 277, 279 },

{ 274, 273, 272, 271, 244, 229, 214, 199, 186, 172, 160, 150, 138, 130, 120, 112, 106, 97, 94, 88, 84, 81, 80, 77, 76, 76, 77, 80, 81, 84, 88, 94, 97, 106, 112, 120, 130, 138, 150, 160, 172, 186, 199, 214, 229, 244, 271, 272, 273, 274 },

{ 270, 269, 267, 252, 234, 218, 203, 187, 176, 162, 151, 138, 127, 119, 109, 102, 95, 87, 82, 78, 73, 71, 69, 66, 65, 65, 66, 69, 71, 73, 78, 82, 87, 95, 102, 109, 119, 127, 138, 151, 162, 176, 187, 203, 218, 234, 252, 267, 269, 270 },

{ 268, 266, 262, 240, 224, 209, 193, 180, 166, 152, 139, 130, 119, 108, 100, 92, 85, 79, 72, 68, 64, 61, 58, 57, 56, 56, 57, 58, 61, 64, 68, 72, 79, 85, 92, 100, 108, 119, 130, 139, 152, 166, 180, 193, 209, 224, 240, 262, 266, 268 },

{ 265, 264, 251, 232, 216, 200, 184, 169, 156, 145, 133, 120, 109, 100, 91, 83, 75, 70, 63, 59, 54, 52, 50, 48, 46, 46, 48, 50, 52, 54, 59, 63, 70, 75, 83, 91, 100, 109, 120, 133, 145, 156, 169, 184, 200, 216, 232, 251, 264, 265 },

{ 263, 260, 242, 225, 207, 192, 177, 163, 147, 136, 123, 112, 102, 92, 83, 74, 67, 62, 55, 51, 45, 44, 41, 40, 38, 38, 40, 41, 44, 45, 51, 55, 62, 67, 74, 83, 92, 102, 112, 123, 136, 147, 163, 177, 192, 207, 225, 242, 260, 263 },

{ 261, 255, 236, 217, 201, 185, 168, 154, 141, 128, 116, 106, 95, 85, 75, 67, 60, 53, 49, 43, 39, 36, 34, 32, 31, 31, 32, 34, 36, 39, 43, 49, 53, 60, 67, 75, 85, 95, 106, 116, 128, 141, 154, 168, 185, 201, 217, 236, 255, 261 },

{ 259, 247, 230, 212, 195, 179, 164, 148, 135, 122, 110, 97, 87, 79, 70, 62, 53, 47, 42, 37, 33, 29, 28, 25, 24, 24, 25, 28, 29, 33, 37, 42, 47, 53, 62, 70, 79, 87, 97, 110, 122, 135, 148, 164, 179, 195, 212, 230, 247, 259 },

{ 258, 241, 222, 204, 188, 173, 158, 143, 131, 117, 104, 94, 82, 72, 63, 55, 49, 42, 35, 30, 27, 23, 21, 20, 19, 19, 20, 21, 23, 27, 30, 35, 42, 49, 55, 63, 72, 82, 94, 104, 117, 131, 143, 158, 173, 188, 204, 222, 241, 258 },

{ 257, 238, 219, 202, 183, 167, 153, 137, 124, 111, 98, 88, 78, 68, 59, 51, 43, 37, 30, 26, 22, 18, 16, 15, 13, 13, 15, 16, 18, 22, 26, 30, 37, 43, 51, 59, 68, 78, 88, 98, 111, 124, 137, 153, 167, 183, 202, 219, 238, 257 },

{ 254, 233, 215, 198, 181, 165, 149, 134, 121, 107, 96, 84, 73, 64, 54, 45, 39, 33, 27, 22, 17, 14, 12, 10, 9, 9, 10, 12, 14, 17, 22, 27, 33, 39, 45, 54, 64, 73, 84, 96, 107, 121, 134, 149, 165, 181, 198, 215, 233, 254 },

{ 249, 231, 213, 194, 178, 161, 146, 132, 118, 105, 93, 81, 71, 61, 52, 44, 36, 29, 23, 18, 14, 11, 8, 7, 6, 6, 7, 8, 11, 14, 18, 23, 29, 36, 44, 52, 61, 71, 81, 93, 105, 118, 132, 146, 161, 178, 194, 213, 231, 249 },

{ 246, 228, 210, 191, 175, 159, 144, 129, 115, 103, 90, 80, 69, 58, 50, 41, 34, 28, 21, 16, 12, 8, 5, 4, 3, 3, 4, 5, 8, 12, 16, 21, 28, 34, 41, 50, 58, 69, 80, 90, 103, 115, 129, 144, 159, 175, 191, 210, 228, 246 },

{ 245, 227, 206, 190, 174, 157, 142, 126, 114, 101, 89, 77, 66, 57, 48, 40, 32, 25, 20, 15, 10, 7, 4, 2, 1, 1, 2, 4, 7, 10, 15, 20, 25, 32, 40, 48, 57, 66, 77, 89, 101, 114, 126, 142, 157, 174, 190, 206, 227, 245 },

{ 243, 226, 205, 189, 171, 155, 140, 125, 113, 99, 86, 76, 65, 56, 46, 38, 31, 24, 19, 13, 9, 6, 3, 1, 1, 1, 1, 3, 6, 9, 13, 19, 24, 31, 38, 46, 56, 65, 76, 86, 99, 113, 125, 140, 155, 171, 189, 205, 226, 243 },

{ 243, 226, 205, 189, 171, 155, 140, 125, 113, 99, 86, 76, 65, 56, 46, 38, 31, 24, 19, 13, 9, 6, 3, 1, 1, 1, 1, 3, 6, 9, 13, 19, 24, 31, 38, 46, 56, 65, 76, 86, 99, 113, 125, 140, 155, 171, 189, 205, 226, 243 },

{ 245, 227, 206, 190, 174, 157, 142, 126, 114, 101, 89, 77, 66, 57, 48, 40, 32, 25, 20, 15, 10, 7, 4, 2, 1, 1, 2, 4, 7, 10, 15, 20, 25, 32, 40, 48, 57, 66, 77, 89, 101, 114, 126, 142, 157, 174, 190, 206, 227, 245 },

{ 246, 228, 210, 191, 175, 159, 144, 129, 115, 103, 90, 80, 69, 58, 50, 41, 34, 28, 21, 16, 12, 8, 5, 4, 3, 3, 4, 5, 8, 12, 16, 21, 28, 34, 41, 50, 58, 69, 80, 90, 103, 115, 129, 144, 159, 175, 191, 210, 228, 246 },

{ 249, 231, 213, 194, 178, 161, 146, 132, 118, 105, 93, 81, 71, 61, 52, 44, 36, 29, 23, 18, 14, 11, 8, 7, 6, 6, 7, 8, 11, 14, 18, 23, 29, 36, 44, 52, 61, 71, 81, 93, 105, 118, 132, 146, 161, 178, 194, 213, 231, 249 },

{ 254, 233, 215, 198, 181, 165, 149, 134, 121, 107, 96, 84, 73, 64, 54, 45, 39, 33, 27, 22, 17, 14, 12, 10, 9, 9, 10, 12, 14, 17, 22, 27, 33, 39, 45, 54, 64, 73, 84, 96, 107, 121, 134, 149, 165, 181, 198, 215, 233, 254 },

{ 257, 238, 219, 202, 183, 167, 153, 137, 124, 111, 98, 88, 78, 68, 59, 51, 43, 37, 30, 26, 22, 18, 16, 15, 13, 13, 15, 16, 18, 22, 26, 30, 37, 43, 51, 59, 68, 78, 88, 98, 111, 124, 137, 153, 167, 183, 202, 219, 238, 257 },

{ 258, 241, 222, 204, 188, 173, 158, 143, 131, 117, 104, 94, 82, 72, 63, 55, 49, 42, 35, 30, 27, 23, 21, 20, 19, 19, 20, 21, 23, 27, 30, 35, 42, 49, 55, 63, 72, 82, 94, 104, 117, 131, 143, 158, 173, 188, 204, 222, 241, 258 },

{ 259, 247, 230, 212, 195, 179, 164, 148, 135, 122, 110, 97, 87, 79, 70, 62, 53, 47, 42, 37, 33, 29, 28, 25, 24, 24, 25, 28, 29, 33, 37, 42, 47, 53, 62, 70, 79, 87, 97, 110, 122, 135, 148, 164, 179, 195, 212, 230, 247, 259 },

{ 261, 255, 236, 217, 201, 185, 168, 154, 141, 128, 116, 106, 95, 85, 75, 67, 60, 53, 49, 43, 39, 36, 34, 32, 31, 31, 32, 34, 36, 39, 43, 49, 53, 60, 67, 75, 85, 95, 106, 116, 128, 141, 154, 168, 185, 201, 217, 236, 255, 261 },

{ 263, 260, 242, 225, 207, 192, 177, 163, 147, 136, 123, 112, 102, 92, 83, 74, 67, 62, 55, 51, 45, 44, 41, 40, 38, 38, 40, 41, 44, 45, 51, 55, 62, 67, 74, 83, 92, 102, 112, 123, 136, 147, 163, 177, 192, 207, 225, 242, 260, 263 },

{ 265, 264, 251, 232, 216, 200, 184, 169, 156, 145, 133, 120, 109, 100, 91, 83, 75, 70, 63, 59, 54, 52, 50, 48, 46, 46, 48, 50, 52, 54, 59, 63, 70, 75, 83, 91, 100, 109, 120, 133, 145, 156, 169, 184, 200, 216, 232, 251, 264, 265 },

{ 268, 266, 262, 240, 224, 209, 193, 180, 166, 152, 139, 130, 119, 108, 100, 92, 85, 79, 72, 68, 64, 61, 58, 57, 56, 56, 57, 58, 61, 64, 68, 72, 79, 85, 92, 100, 108, 119, 130, 139, 152, 166, 180, 193, 209, 224, 240, 262, 266, 268 },

{ 270, 269, 267, 252, 234, 218, 203, 187, 176, 162, 151, 138, 127, 119, 109, 102, 95, 87, 82, 78, 73, 71, 69, 66, 65, 65, 66, 69, 71, 73, 78, 82, 87, 95, 102, 109, 119, 127, 138, 151, 162, 176, 187, 203, 218, 234, 252, 267, 269, 270 },

{ 274, 273, 272, 271, 244, 229, 214, 199, 186, 172, 160, 150, 138, 130, 120, 112, 106, 97, 94, 88, 84, 81, 80, 77, 76, 76, 77, 80, 81, 84, 88, 94, 97, 106, 112, 120, 130, 138, 150, 160, 172, 186, 199, 214, 229, 244, 271, 272, 273, 274 },

{ 279, 277, 276, 275, 256, 239, 223, 211, 197, 182, 170, 160, 151, 139, 133, 123, 116, 110, 104, 98, 96, 93, 90, 89, 86, 86, 89, 90, 93, 96, 98, 104, 110, 116, 123, 133, 139, 151, 160, 170, 182, 197, 211, 223, 239, 256, 275, 276, 277, 279 },

{ 286, 285, 283, 281, 278, 253, 237, 221, 208, 196, 182, 172, 162, 152, 145, 136, 128, 122, 117, 111, 107, 105, 103, 101, 99, 99, 101, 103, 105, 107, 111, 117, 122, 128, 136, 145, 152, 162, 172, 182, 196, 208, 221, 237, 253, 278, 281, 283, 285, 286 },

{ 294, 292, 290, 289, 284, 280, 250, 235, 220, 208, 197, 186, 176, 166, 156, 147, 141, 135, 131, 124, 121, 118, 115, 114, 113, 113, 114, 115, 118, 121, 124, 131, 135, 141, 147, 156, 166, 176, 186, 197, 208, 220, 235, 250, 280, 284, 289, 290, 292, 294 },

{ 300, 299, 297, 295, 291, 287, 282, 248, 235, 221, 211, 199, 187, 180, 169, 163, 154, 148, 143, 137, 134, 132, 129, 126, 125, 125, 126, 129, 132, 134, 137, 143, 148, 154, 163, 169, 180, 187, 199, 211, 221, 235, 248, 282, 287, 291, 295, 297, 299, 300 },

{ 306, 304, 303, 301, 296, 293, 288, 282, 250, 237, 223, 214, 203, 193, 184, 177, 168, 164, 158, 153, 149, 146, 144, 142, 140, 140, 142, 144, 146, 149, 153, 158, 164, 168, 177, 184, 193, 203, 214, 223, 237, 250, 282, 288, 293, 296, 301, 303, 304, 306 },

{ 311, 310, 308, 305, 302, 298, 293, 287, 280, 253, 239, 229, 218, 209, 200, 192, 185, 179, 173, 167, 165, 161, 159, 157, 155, 155, 157, 159, 161, 165, 167, 173, 179, 185, 192, 200, 209, 218, 229, 239, 253, 280, 287, 293, 298, 302, 305, 308, 310, 311 },

{ 315, 314, 312, 309, 307, 302, 296, 291, 284, 278, 256, 244, 234, 224, 216, 207, 201, 195, 188, 183, 181, 178, 175, 174, 171, 171, 174, 175, 178, 181, 183, 188, 195, 201, 207, 216, 224, 234, 244, 256, 278, 284, 291, 296, 302, 307, 309, 312, 314, 315 },

{ 319, 317, 316, 313, 309, 305, 301, 295, 289, 281, 275, 271, 252, 240, 232, 225, 217, 212, 204, 202, 198, 194, 191, 190, 189, 189, 190, 191, 194, 198, 202, 204, 212, 217, 225, 232, 240, 252, 271, 275, 281, 289, 295, 301, 305, 309, 313, 316, 317, 319 },

{ 321, 320, 318, 316, 312, 308, 303, 297, 290, 283, 276, 272, 267, 262, 251, 242, 236, 230, 222, 219, 215, 213, 210, 206, 205, 205, 206, 210, 213, 215, 219, 222, 230, 236, 242, 251, 262, 267, 272, 276, 283, 290, 297, 303, 308, 312, 316, 318, 320, 321 },

{ 323, 322, 320, 317, 314, 310, 304, 299, 292, 285, 277, 273, 269, 266, 264, 260, 255, 247, 241, 238, 233, 231, 228, 227, 226, 226, 227, 228, 231, 233, 238, 241, 247, 255, 260, 264, 266, 269, 273, 277, 285, 292, 299, 304, 310, 314, 317, 320, 322, 323 },

{ 324, 323, 321, 319, 315, 311, 306, 300, 294, 286, 279, 274, 270, 268, 265, 263, 261, 259, 258, 257, 254, 249, 246, 245, 243, 243, 245, 246, 249, 254, 257, 258, 259, 261, 263, 265, 268, 270, 274, 279, 286, 294, 300, 306, 311, 315, 319, 321, 323, 324 },

},

/*Number 2 "HT 19x19"*/

```
{
{ 324, 322, 321, 313, 303, 299, 282, 265, 247, 239, 243, 261, 278, 295, 302, 310, 320, 323, 324 },
{ 323, 317, 307, 305, 290, 260, 235, 210, 188, 180, 184, 206, 231, 256, 287, 304, 306, 318, 322 },
{ 320, 306, 394, 273, 251, 218, 193, 159, 146, 138, 142, 163, 189, 215, 252, 274, 295, 307, 315 },
{ 309, 304, 269, 222, 201, 171, 155, 125, 108, 100, 104, 121, 151, 172, 202, 223, 270, 305, 314 },
{ 302, 286, 226, 197, 167, 133, 120, 92, 79, 71, 75, 96, 113, 130, 168, 198, 227, 291, 303 },
{ 294, 255, 214, 175, 129, 112, 87, 67, 55, 47, 51, 63, 88, 109, 134, 176, 219, 257, 300 },
{ 277, 230, 192, 150, 116, 83, 58, 43, 35, 23, 32, 39, 59, 84, 117, 156, 194, 236, 283 },
{ 264, 205, 162, 124, 95, 62, 38, 27, 15, 8, 19, 28, 44, 68, 89, 126, 160, 211, 266 },
{ 242, 183, 141, 103, 74, 50, 31, 18, 7, 2, 9, 20, 36, 56, 80, 105, 147, 185, 248 },
{ 238, 179, 137, 99, 70, 46, 22, 6, 1, 1, 3, 10, 24, 48, 72, 97, 139, 177, 240 },
{ 246, 187, 145, 107, 78, 54, 34, 14, 5, 4, 11, 16, 29, 52, 76, 101, 143, 181, 244 },
{ 268, 209, 158, 128, 91, 66, 42, 26, 13, 12, 17, 25, 40, 64, 93, 122, 164, 207, 262 },
{ 281, 234, 196, 154, 119, 82, 57, 37, 30, 21, 33, 41, 60, 81, 114, 152, 190, 232, 279 },
{ 298, 259, 217, 170, 136, 111, 86, 61, 49, 45, 53, 65, 85, 110, 131, 165, 216, 253, 296 },
{ 303, 289, 2225, 200, 166, 132, 115, 94, 73, 69, 77, 90, 118, 135, 169, 199, 228, 288, 302 },
{ 312, 305, 272, 221, 204, 174, 149, 123, 102, 98, 106, 127, 153, 173, 203, 224, 271, 304, 311 },
{ 315, 307, 293, 276, 250, 213, 191, 161, 144, 140, 148, 157, 195, 220, 249, 275, 296, 306, 320 },
{ 322, 316, 306, 304, 285, 254, 229, 208, 182, 178, 186, 212, 233, 238, 292, 305, 307, 319, 323 },
{ 324, 323, 320, 308, 302, 297, 280, 263, 241, 237, 245, 267, 284, 301, 303, 315, 321, 322, 324 },
},
```

/*Number 3 "HT 30x30"*/

```
{
{ 324, 323, 322, 321, 320, 317, 314, 311, 307, 303, 301, 296, 286, 262, 252, 254, 260, 288, 298, 301, 303, 307, 311,
314, 317, 320, 321, 322, 323, 324 },
{ 323, 321, 319, 318, 315, 312, 308, 306, 300, 281, 270, 256, 238, 229, 226, 227, 230, 240, 258, 272, 282, 300, 306,
308, 312, 315, 318, 319, 321, 323 },
{ 322, 320, 314, 313, 309, 304, 302, 283, 278, 250, 236, 227, 216, 189, 176, 177, 187, 214, 228, 235, 249, 277, 284,
302, 304, 309, 313, 314, 320, 322 },
{ 321, 316, 311, 310, 306, 292, 290, 264, 242, 224, 212, 195, 181, 166, 148, 150, 168, 179, 197, 213, 224, 241, 263,
289, 291, 306, 310, 311, 316, 321 },
{ 317, 315, 309, 304, 294, 274, 248, 223, 205, 199, 185, 162, 152, 144, 126, 128, 141, 154, 164, 182, 199, 206, 223,
247, 273, 293, 304, 309, 315, 317 },
{ 316, 312, 305, 299, 266, 231, 219, 200, 193, 173, 157, 140, 122, 107, 94, 96, 108, 124, 139, 155, 171, 190, 200, 220,
231, 265, 299, 305, 312, 316 },
{ 314, 308, 302, 276, 234, 210, 202, 175, 170, 138, 120, 114, 104, 88, 70, 72, 90, 102, 112, 119, 137, 169, 175, 202,
209, 234, 275, 302, 308, 314 },
```

{ 311, 304, 280, 246, 222, 201, 175, 146, 129, 117, 100, 91, 74, 61, 52, 55, 62, 75, 92, 97, 115, 132, 145, 175, 201, 221, 245, 279, 304, 311 },

{ 306, 300, 268, 232, 208, 198, 160, 131, 106, 81, 78, 64, 60, 38, 30, 32, 40, 58, 65, 77, 83, 105, 130, 159, 198, 207, 232, 267, 300, 306 },

{ 303, 282, 244, 218, 191, 172, 134, 110, 86, 68, 48, 46, 34, 25, 19, 20, 26, 35, 45, 47, 67, 85, 109, 136, 174, 192, 217, 243, 281, 303 },

{ 301, 271, 233, 204, 183, 156, 116, 98, 79, 49, 43, 28, 21, 15, 12, 11, 16, 22, 28, 41, 50, 80, 99, 118, 158, 184, 203, 233, 269, 301 },

{ 297, 257, 228, 196, 163, 135, 113, 84, 66, 42, 27, 18, 13, 10, 7, 6, 9, 14, 17, 27, 44, 63, 82, 111, 133, 161, 196, 227, 255, 295 },

{ 287, 239, 215, 180, 153, 123, 103, 76, 59, 36, 24, 14, 8, 4, 2, 3, 4, 8, 13, 23, 33, 57, 73, 101, 121, 151, 178, 211, 237, 285 },

{ 261, 230, 188, 167, 143, 108, 89, 56, 39, 26, 16, 9, 5, 2, 1, 2, 3, 5, 10, 15, 25, 37, 54, 87, 107, 142, 165, 186, 229, 259 },

{ 253, 227, 177, 149, 127, 95, 71, 53, 31, 20, 12, 6, 2, 1, 1, 1, 2, 4, 6, 11, 19, 29, 51, 69, 93, 125, 147, 176, 225, 251 },

{ 253, 227, 177, 149, 127, 95, 71, 53, 31, 20, 12, 7, 2, 1, 1, 1, 2, 4, 7, 11, 19, 29, 51, 69, 93, 125, 147, 176, 225, 251 },

{ 261, 230, 188, 167, 143, 108, 89, 56, 39, 26, 16, 9, 5, 2, 1, 2, 3, 5, 10, 15, 25, 37, 54, 87, 107, 142, 165, 186, 229, 259 },

{ 287, 239, 215, 180, 153, 123, 103, 76, 59, 36, 24, 14, 8, 4, 2, 3, 4, 8, 13, 23, 33, 57, 73, 101, 121, 151, 178, 211, 237, 285 },

{ 297, 257, 228, 196, 163, 135, 113, 84, 66, 42, 27, 18, 13, 10, 7, 6, 9, 14, 17, 27, 44, 63, 82, 111, 133, 161, 196, 227, 255, 295 },

{ 301, 271, 233, 204, 183, 156, 116, 98, 79, 49, 43, 28, 21, 15, 12, 11, 16, 22, 28, 41, 50, 80, 99, 118, 158, 184, 203, 233, 269, 301 },

{ 303, 282, 244, 218, 191, 172, 134, 110, 86, 68, 48, 46, 34, 25, 19, 20, 26, 35, 45, 47, 67, 85, 109, 136, 174, 192, 217, 243, 281, 303 },

{ 306, 300, 268, 232, 208, 198, 160, 131, 106, 81, 78, 64, 60, 38, 30, 32, 40, 58, 65, 77, 83, 105, 130, 159, 198, 207, 232, 267, 300, 306 },

{ 311, 304, 280, 246, 222, 201, 175, 146, 129, 117, 100, 91, 74, 61, 52, 55, 62, 75, 92, 97, 115, 132, 145, 175, 201, 221, 245, 279, 304, 311 },

{ 314, 308, 302, 276, 234, 210, 202, 175, 170, 138, 120, 114, 104, 88, 70, 72, 90, 102, 112, 119, 137, 169, 175, 202, 209, 234, 275, 302, 308, 314 },

{ 316, 312, 305, 299, 266, 231, 219, 200, 193, 173, 157, 140, 122, 107, 94, 96, 108, 124, 139, 155, 171, 190, 200, 220, 231, 265, 299, 305, 312, 316 },

{ 317, 315, 309, 304, 294, 274, 248, 223, 205, 199, 185, 162, 152, 144, 126, 128, 141, 154, 164, 182, 199, 206, 223, 247, 273, 293, 304, 309, 315, 317 },

{ 321, 316, 311, 310, 306, 292, 290, 264, 242, 224, 212, 195, 181, 166, 148, 150, 168, 179, 197, 213, 224, 241, 263, 289, 291, 306, 310, 311, 316, 321 },


```

{ 322, 320, 314, 313, 309, 304, 302, 283, 278, 250, 236, 227, 216, 189, 176, 177, 187, 214, 228, 235, 249, 277, 284,
302, 304, 309, 313, 314, 320, 322 },
{ 323, 321, 319, 318, 315, 312, 308, 306, 300, 281, 270, 256, 238, 229, 226, 227, 230, 240, 258, 272, 282, 300, 306,
308, 312, 315, 318, 319, 321, 323 },
{ 324, 323, 322, 321, 320, 317, 314, 311, 307, 303, 301, 296, 286, 262, 252, 254, 260, 288, 298, 301, 303, 307, 311,
314, 317, 320, 321, 322, 323, 324 },
    },
};

void    intePart(void);
void    alloPart(void);
void    readPart(void);
void    procPart(void);
void    writPart(void);

/*Start of main*/
void main(void)
{
    printf("--- Program ---\n");
        intePart();
    printf("Allocating Memory\n");
        alloPart();
    printf("Reading Image...      %30s\n",&name1);
        readPart();
    printf("Processing Image...     %30s\n",&name1);
        procPart();
    printf("Writing Image...        %20s\n",&name2);
        writPart();
    printf("Success! Goodbye\n");
}

/*Interface Part*/
void intePart(void){
    printf("Please Type The Filename Of Input Image  : ");
    scanf("%s", name1);

    printf("Please Type The Filename Of Output Image : ");
    scanf("%s", name2);

    printf("Please Type The X SIZE                Of Input Image  : ");
    scanf("%d", &xsize);
}

```

```

printf("Please Type The Y SIZE          Of Input Image      :");
scanf("%d", &ysize);
printf("Please insert Screen Angle for Input Image  :");
scanf("%f", &angle);
printf("0=HT_Type4, 1=HT_Type5, 2=HT19x19, 3=HT30x30\n");
printf("Please Type What KIND Of Dither Pattern  :");
scanf("%d", &kind);
printf("Please Type What Size of Halftone Cell  :");
scanf("%d", &CellSize);
}

void alloPart(void)
{
    filein = (unsigned char *)malloc(sizeof(unsigned char)*xsize*ysize);
    if(filein == (unsigned char *)NULL){
        printf("Missing Memory...\n");
        exit(1);
    }
    fileout = (unsigned char *)malloc(sizeof(unsigned char)*xsize*ysize);
    if(fileout == (unsigned char *)NULL){
        printf("Missing Memory...\n");
        exit(1);
    }
}

void readPart(void)
{
    long    i;
    FILE    *fp;
    fp = fopen(name1,"rb");
    if(fp == (FILE *)NULL){
        printf("fileOpenError\n");
        exit(1);
    }

    for(i=0;i<xsize*ysize;i++){
        filein[i] = fgetc(fp);
    }
    fclose(fp);
}

```

```

}

void procPart(void)
{
    int          x,y,z;
    long  i;
    double  sl,da;
    int          tmp;
    float    s,c;
    float    xr,yr;          /* coordinate after rotation */
    float    xrm;          /* maximum negative xr value after rotation */

    x = y = z = i = 0;
    if(kind>MAX){
        printf("KIND value was wrong...\n");
        exit(1);
    }

    bit = 1;          /*Bit is fixed to 1*/

    tmp = pow( (double) 2.0 , (double) bit ) - 1.0;          /*tmp = Number of gray level*/

    printf("  Output Image Tones = %d tones\n",tmp+1);

    if(angle>90)
        angle=angle-90;
        angle= angle*PI/180.0;
        s=sin(angle), c=cos(angle);
        xrm= ysize*s;
        for( y = 0 ; y < ysize ; y++){
            for( x = 0 ; x < xsize ; x++){
                xr = x*c - y*s;
                xr+=xrm ;
                yr = x*s + y*c;
                da = 1-(double)filein[i]/255.0;          /* Negative * 0
- 1.0 */
                sl = (double)(mat[kind][(int)yr%CellSize][(int)xr%CellSize])/324.0;          /* -0.5 - +0.5 */
                da = floor(da-sl+1);          /* 0.5 - 1.5 */
                fileout[i++] = (char) (da*255.0);

```

```
        }  
    }  
}  
  
void writPart(void)  
{  
    long i;  
    FILE *fp;  
    double c;  
    fp = fopen(name2,"wb");  
  
    if(fp == (FILE *)NULL){  
        printf("fileOpenError\n");  
        exit(1);  
    }  
  
    for(i=0;i<xsize*ysize;i++){  
        c = fileout[i];  
        if( c < 0)  
            c = 0 ;  
        if( c > 255 )  
            c = 255 ;  
        fputc((int)c,fp);  
    }  
    fclose(fp);  
}
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววรางคณา เอื้องอุดม เกิดวันที่ 10 กันยายน 2521 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการพิมพ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีการศึกษา 2542 เข้าศึกษาต่อที่ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย