คุณภาพตัวพิมพ์อักษรไทยจากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและเครื่องพิมพ์พ่นหมึก

นางสาวมุกดา สวัสดิ์วงศ์ไชย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-03-0050-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRINT QUALITY OF THAI CHARACTERS FROM ELECTOPHOTOGRAPHIC AND INKJET PRINTERS

Miss Mukda Sawadwongchai

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Imaging Technology
Department of Imaging Science and Printing Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2000

ISBN 974-XXX-XXX-X

หัวข้อวิทยานิพนธ์	คุณภาพตัวพิมพ์อักษรไทยจากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและเครื่องพิมพ์พ่นหมึก
โดย	นางสาว มุกดา สวัสดิ์วงศ์ไชย
ภาควิชา	วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ พรทวี พึ่งรัศมี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ อภิวรรธน์ นุตเวช

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ พรทวี พึ่งรัศมี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ อภิวรรธน์ นุตเวช)

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

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ คุณธัม วศินเกษม)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มุกดา สวัสดิ์วงศ์ไชย : คุณภาพตัวพิมพ์อักษรไทยจากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและเครื่องพิมพ์พ่นหมึก. (PRINT QUALITY OF THAI CHARACTERS FROM ELECTOPHOTOGRAPHIC AND INKJET PRINTERS) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ พรทวี พึ่งรัศมี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ อภิวรรธน์ นุตเวช, 94 หน้า. ISBN 974-03-0050-2.

ในการวิจัยนี้ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการประเมินคุณภาพของตัวพิมพ์อักษรไทยจากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี และเครื่องพิมพ์พ่นหมึก กับตัวอักษรที่พิมพ์จากเครื่องสร้างภาพ และเปรียบเทียบวิธีประเมินคุณภาพของตัวอักษรไทยจากการประเมินด้วยสายตาและโดยวิธีวัดด้วยอุปกรณ์ พิมพ์แผ่นทดสอบแบบตัวอักษร CU Tomlight ด้วยเครื่องสร้างภาพที่มีความละเอียด 1200 จุดต่อนิ้ว ลงบนกระดาษโบรไมด์ เปรียบเทียบกับตัวอักษรที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีที่มีความละเอียด 300, 600 และ1200 จุดต่อนิ้ว และเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่มีความละเอียด 360, 720 และ 1440 จุดต่อนิ้ว บนกระดาษไม่เคลือบผิว น้ำหนัก 80 กรัมต่อตารางเซนติเมตร การประเมินคุณภาพตัวอักษรไทยโดยวิธีวัดด้วยอุปกรณ์ ใช้แผ่นทดสอบที่พิมพ์ตัวอักษร ถ, ข, ด และ พ ขนาด 10 16 และ20 พอยต์ แล้ววัดองค์ประกอบของคุณภาพ ได้แก่ ความดำตัวอักษร ความกว้างเส้นตัวอักษร ความขรุขระของขอบตัวอักษร และหัวตัวอักษรด้วยเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์ การประเมินคุณภาพตัวอักษรไทยด้วยสายตาทดสอบด้วยแผ่นทดสอบที่พิมพ์ตัวอักษร ก ฎ ฏ ถ – ข ฃ – ค ฅ ด ศ – ษ – ฝ พ ม – ฉ จ ฐ ธ ท ย ส ขนาด 8, 10, 12, 16, 18, 20 และ 24 พอยต์ โดยให้ผู้สังเกตการณ์ที่ประกอบอาชีพงานก่อนพิมพ์จำนวน 20 คน ตอบแบบสอบถาม ลักษณะตัวอักษร ได้แก่ ตัวบวม หัวตัน และอ่านออก ใช้การแจกแจงแบบ t เปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพตัวอักษรที่พิมพ์จากเครื่องอิเล็กทรอโฟโตกราฟี และที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก

จากผลการทดลองพบว่า ความดำตัวอักษรจากทุกอุปกรณ์มีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นตัวอักษรที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก 300 จุดต่อนิ้ว มีความดำต่ำกว่า ส่วนความกว้างเส้นตัวอักษรและหัวตัวอักษรไทยที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีมีขนาดใกล้เคียงกับต้นฉบับมากกว่าที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ผลจากการประเมินด้วยสายตา พบว่าตัวอักษรที่พิมพ์จากเครื่องอิเล็กทรอโฟโตกราฟี มีคุณภาพตัวอักษรดีกว่าที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก เมื่อเปรียบเทียบการประเมินด้วยอุปกรณ์และการประเมินด้วยสายตา ในส่วนของความกว้างเส้นตัวอักษรและหัวตัวอักษร ทั้ง 2 วิธีได้ผลสอดคล้องกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา…… ลายมือชื่อนิสิต……..……..
สาขาวิชา…….. ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา……..
ปีการศึกษา…… ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม……...

4072358723: MAJOR IMAGING TECHNOLOGY

KEY WORD: FONT EVALUATION / ELECTROPHOTOGRAPHY / INK JET

MUKDA SAWADWONGCHAI: PRINT QUALITY OF THAI CHARACTERS FROM ELECTROPHOTOGRAPHIC AND INKJET PRINTERS. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. PONTAWEE PUNGRASSAMEE, M.S. THESIS COADVISOR: MR. APIWAT NUTAVET, M.S. 94 pp. ISBN 974-03-0050-2.

This research elucidates the appropriate method for evaluating Thai Character reproduced from electrophotographic printer and inkjet printer. Subjective and objective evaluation methods are compared. CU Tomlight font is used for the test form. The selected Thai characters are printed by imagesetter at 1200 dpi on Photographic paper. The same test forms are obtained from the electrophotographic printers at 300, 600 and 1200 dpi. and the inkjet printers at 360, 720 and 1440 dpi on 80 g/cm^2 uncoated paper. The objective evaluation attributes are density, line character width, edge raggedness and head of Thai character measured by microdensitometer. The character sets are 10, 16 and 20 points of ถ, ข, ค and พ. The subjective evaluation criteriors are character body gaining, fill-in head and legibility. The observers are 20 persons working in prepress area. The selected character sets are ก ฎ ฏ ถ - ข ฃ - ค ฅ ฆ ศ - ษ - ฝ พ ฟ ม - ฉ จ ฐ ธ ท ย ส at 8, 10, 12, 16, 18, 20 and 24 points. The t-distribution technique is used to compared the quality of Thai character printed from electrophotographic printers and inkjet printers.

The results indicate that the density of the characters printed by all machines are similar except those printed from inkjet at 300 dpi is lower. The line characters width and the shape of the character head printed from electrophotographic printers are closed to the original, designed by Fontographer, than those printed from inkjet printers. This conclusion agrees with the subjective evaluation.

Department…Imaging and Printing Technology… Student's signature……

Field of study…Imaging Technology…… Advisor's signature……

Academic year…2000…….. Co-advisor's signature……...

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ลุล่วงไปด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์พรทวี พึ่งรัศมี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์อภิวรรธน์ นุตเวช อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร. สุดา เกียรติกำจรวงศ์ รองศาสตราจารย์นวลจันทร์ เถระพัฒน์ ผู้ประสาทความรู้ สถิติ อาจารย์ธำรงรุจน์ ฮุนตระกูล และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยให้คำปรึกษาและแนะนำในการทำวิจัยนี้ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ทุกท่านที่กรุณาให้ความสะดวกและเป็นกำลังใจ

ขอขอบพระคุณคุณพวงปราง เพ็ญศรี แผนกพิสูจน์อักษร สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการกรอกแบบสอบถาม

ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ แผนกออกแบบและเรียงพิมพ์ บริษัทอักษรเจริญทัศน์ ที่ช่วยกรอกแบบสอบถาม

ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ และผู้อยู่เบื้องหลังทุกท่านที่เป็นกำลังใจสนับสนุน ช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

ขอขอบคุณบริษัท SPV Advance Corporation Limited ที่อนุเคราะห์เครื่องพิมพ์ทดสอบงานในการทำวิจัย

ท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา และญาติผู้ใหญ่ ที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนการทำวิจัยนี้มาโดยตลอด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญตาราง .....ญ
สารบัญรูป .....ฏ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....2
1.3 สมมติฐาน 2
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....2
1.5 ขั้นตอนในการวิจัย.....4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมปริทรรศน์.....5
2.1 ทฤษฎี.....5
2.1.1 กระบวนการการเกิดภาพของเครื่องพิมพ์ระบบต่างๆ 5
2.1.1.1 กระบวนการการเกิดภาพด้วยระบบอิเล็กทรอโฟโตกราฟี 5
2.1.1.2 โฟโตรีเซปเตอร์ 6
2.1.1.3 องค์ประกอบของโทนเนอร์ 7
2. 1.1.4 พฤติกรรมการหลอมเหลวของภาพหมึกผง.....8
2. 1.1.5 กระบวนการการเกิดภาพด้วยการพิมพ์แบบพ่นหมึก 9
2.1.1.6 พื้นฐานของการพิมพ์แบบพ่นหมึก.....12
2.1.1.7 อันตรกิริยา (Interaction) ระหว่างหมึกพิมพ์กับพื้นผิวของวัสดุพิมพ์ 13
2.1.2 ลักษณะโครงสร้างตัวอักษรไทย.....15
2.1.2.1 รูปตัวอักษรไทย.....15
2.1.2.2 กลุ่มโครงสร้างตัวอักษรไทย 16
2.1.3 การสร้างตัวอักษรแบบเวคเตอร์.....17

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2 วรรณกรรมปริทรรศน์ 18
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 21
3.1 อุปกรณ์และวัสดุ 21
3.1.1 อุปกรณ์ 21
3.1.1.1 เครื่องพิมพ์ระบบอิเล็กทรอโฟโตกราฟี 21
3.1.1.2 เครื่องพิมพ์ระบบพ่นหมึก 21
3.1.1.3 เครื่องสร้างภาพ 21
3.1.1.4 เครื่องมือวัดคุณภาพตัวพิมพ์อักษร 21
3.1.2 วัสดุ 22
3.2 ขั้นตอนการทดลอง 22
3.3 รายละเอียดการทดลอง 23
3.3.1 แผ่นทดสอบ 23
3.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพตัวพิมพ์อักษรด้วยเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์ 23
3.3.2.1 วิเคราะห์ความกว้างเส้นตัวอักษร 24
3.3.2.2 การวิเคราะห์หัวตัวอักษร 25
3.3.2.3 การวิเคราะห์ความดำตัวอักษร 25
3.3.2.4 การวิเคราะห์ความขรุขระของขอบตัวอักษร 26
3.3.3 วิเคราะห์คุณภาพตัวพิมพ์อักษรไทยโดยผู้สังเกตการณ์ 26
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง 32
4.1 การวิเคราะห์ตัวอักษรไทยโดยใช้เครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์ 32
4.1.1 ความดำตัวอักษร 32
(ก) ตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ 32
(ข) ตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ 35
(ค) ตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ 38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.2 ความกว้างเส้นตัวอักษร 44
(ก) ตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ 44
(ข) ตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ 47
(ค) ตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ 50
4.1.3 ความขรุขระของขอบตัวอักษร 57
(ก) ตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ 57
(ข) ตัวอักษร “ถ” ข นาด 16 พอยต์ 60
(ค) ตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ 63
4.1.4 ลักษณะหัวตัวอักษร 66
(ก) ตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ 66
(ข) ตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ 69
(ค) ตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ 72
4.2 การวิเคราะห์ตัวอักษรไทยโดยใช้ผู้สังเกตการณ์ 78
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 82
รายการอ้างอิง 84
ประวัติผู้เขียน 86

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 กระบวนการการเกิดภาพของระบบอิเล็กทรอโฟโตกราฟี 5

2.2 กระบวนการการเกิดภาพด้วยการพิมพ์แบบพ่นหมึกแบบ Drop-on-demand 10

2.3 กระบวนการการเกิดภาพด้วยการพิมพ์แบบพ่นหมึกแบบ Continuous Flow Ink Jet Printers 11

2.4 อันตรกิริยาระหว่างหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ตกับกระดาษแบบไม่เคลือบผิวและกระดาษเคลือบผิว ... .13

2.5 ลักษณะตัวอักษรในระบบคอมพิวเตอร์ (ก) ลักษณะตัวอักษรเวคเตอร์ (ข) ลักษณะตัวอักษรแบบบิทแมบ.....17

2.6 รูปแบบของความยินยอม 18

2.7 ภาพเปรียบเทียบตัวอักษรที่เป็นต้นฉบับและตัวอักษรพิมพ์ด้วยระบบออฟเซต 20

3.1 เครื่องมือวัดไมโครเดนซิโตมิเตอร์.....23

3.2 วิธีการวัดความกว้างเส้นตัวอักษรด้วยเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์ 24

3.3 วิธีการวัดหัวตัวอักษรด้วยเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์.....25

3.4 วิธีการวัดความดำตัวอักษรด้วยเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์.....25

3.5 วิธีการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษรด้วยเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์ 26

4.1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสงความละเอียด 1200 dpi.....32

4.2 ผลการวัดความดำ จากเครื่องสร้างภาพ ความละเอียด 1200 dpi 32

4.3 ผลการวัดความดำตัวอักษร " ถ" ขนาด 10 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน.....33

4.4 ผลการวัดความดำตัวอักษร " ถ" ขนาด 10 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ที่ความละเอียดต่างกัน 34

4.5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสงความละเอียด 1200 dpi 35

4.6 การวัดความดำของตัวอักษรที่พิมพ์จากเครื่องสร้างภาพ ความละเอียด 1200 dpi 35

4.7 ผลการวัดความดำตัวอักษร " ถ" ขนาด 16 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน 36

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.8 ผลการวัดความดำตัวอักษร " ถ" ขนาด 16 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ที่ความละเอียดต่างกัน 37

4.9 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสงความละเอียด 1200 dpi 38

4.10 การวัดความดำของตัวอักษรที่พิมพ์จากเครื่องสร้างภาพ ความละเอียด 1200 dpi 38

4.11 ผลการวัดความดำตัวอักษร " ถ" ขนาด 20 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน 39

4.12 ผลการวัดความดำตัวอักษร " ถ" ขนาด 20 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ที่ความละเอียดต่างกัน 40

4.13 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสงความละเอียด 1200 dpi 44

4.14 การวัดความกว้างเส้นของตัวอักษรที่พิมพ์จากเครื่องสร้างภาพ ความละเอียด 1200 dpi 44

4.15 ผลการวัดความกว้างเส้นของตัวอักษร " ถ" ขนาด 10 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน 45

4.16 ผลการวัดความกว้างเส้นของตัวอักษร " ถ" ขนาด 10 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ที่ความละเอียดต่างกัน 46

4.17 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสงความละเอียด 1200 dpi 47

4.18 ผลการวัดความกว้างเส้นของตัวอักษร " ถ" ขนาด 16 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสง ความละเอียด 1200 dpi 47

4.19 ผลการวัดความกว้างเส้นของตัวอักษร " ถ" ขนาด 16 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน 48

4.20 ผลการวัดความกว้างเส้นของตัวอักษร " ถ" ขนาด 16 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ที่ความละเอียดต่างกัน 49

4.21 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสงความละเอียด 1200 dpi 50

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.22 ผลการวัดความกว้างเส้นของตัวอักษร " ถ" ขนาด 20 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสง ความละเอียด 1200 dpi 50

4.23 ผลการวัดความกว้างเส้นของตัวอักษร " ถ" ขนาด 20 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน 51

4.24 ผลการวัดความกว้างเส้นของตัวอักษร " ถ" ขนาด 20 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ที่ความละเอียดต่างกัน.....52

4.25 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสงความละเอียด 1200 dpi 58

4.26 ผลการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษร จากเครื่องสร้างภาพ ความละเอียด 1200 dpi 58

4.27 ผลการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษร " ถ" ขนาด 10 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน 59

4.28 ผลการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษร " ถ" ขนาด 10 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ที่ความละเอียดต่างกัน 60

4.29 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสงความละเอียด 1200 dpi 61

4.30 ผลการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษร จากเครื่องสร้างภาพ ความละเอียด 1200 dpi 61

4.31 ผลการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษร " ถ" ขนาด 16 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน 62

4.32 ผลการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษร " ถ" ขนาด 16 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ที่ความละเอียดต่างกัน.....63

4.33 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสงความละเอียด 1200 dpi 64

4.34 ผลการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษร จากเครื่องสร้างภาพ ความละเอียด 1200 dpi 64

4.35 ผลการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษร " ถ" ขนาด 20 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน 65

4.36 ผลการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษร " ถ" ขนาด 20 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ที่ความละเอียดต่างกัน.....66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.37 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสงความละเอียด 1200 dpi 67

4.38 ผลการวัดหัวตัวอักษร ที่พิมพ์จากเครื่องสร้างภาพ ความละเอียด 1200 dpi 67

4.39 ผลการวัดหัวตัวอักษร " ถ" ขนาด 10 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน 68

4.40 ผลการวัดหัวตัวอักษร " ถ" ขนาด 10 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ที่ความละเอียดต่างกัน.....69

4.41 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสงความละเอียด 1200 dpi 70

4.42 ผลการวัดหัวตัวอักษร ที่พิมพ์จากเครื่องสร้างภาพ ความละเอียด 1200 dpi 70

4.43 ผลการวัดหัวตัวอักษร " ถ" ขนาด 16 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน 71

4.44 ผลการวัดหัวตัวอักษร " ถ" ขนาด 16 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ที่ความละเอียดต่างกัน.....72

4.45 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสงความละเอียด 1200 dpi 73

4.46 ผลการวัดหัวตัวอักษร ที่พิมพ์จากเครื่องสร้างภาพ ความละเอียด 1200 dpi 73

4.47 ผลการวัดหัวตัวอักษร " ถ" ขนาด 20 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน 74

4.48 ผลการวัดหัวตัวอักษร " ถ" ขนาด 20 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ที่ความละเอียดต่างกัน.....69

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 ประเภทเครื่องพิมพ์และค่าความละเอียดที่ใช้ในการพิมพ์ 18

4.1 ผลการวิเคราะห์ความดำตัวอักษรไทยที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี เครื่องพิมพ์พ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพแบบฉายแสง ของตัวอักษร ถ ข ด และ พ ขนาด 10 พอยต์ พิมพ์บนกระดาษไม่เคลือบผิว 26

4.2 ผลการวิเคราะห์ความดำตัวอักษรไทยที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีเครื่องพิมพ์พ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพแบบฉายแสง ของตัวอักษร ถ ข ด และ พ ขนาด 16 พอยต์ พิมพ์บนกระดาษไม่เคลือบผิว 30

4.3 ผลการวิเคราะห์ความดำตัวอักษรไทยที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีเครื่องพิมพ์พ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพแบบฉายแสง ของตัวอักษร ถ ข ด และ พ ขนาด 20 พอยต์ พิมพ์บนกระดาษไม่เคลือบผิว 34

4.4 ผลการวิเคราะห์ความดำตัวอักษรไทยที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ของตัวอักษร "ถ" ขนาด 10 16 และ 20 พอยต์ พิมพ์บนกระดาษไม่เคลือบผิว 35

4.5 ผลการวิเคราะห์ความกว้างเส้นตัวอักษรไทยที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโต กราฟีเครื่องพิมพ์แบบพ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพแบบฉายแสงของตัวอักษร "ถ" ขนาด 10 พอยต์ พิมพ์บนกระดาษไม่เคลือบผิว 39

4.6 ผลการวิเคราะห์ความกว้างเส้นของตัวอักษรไทยที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีเครื่องพิมพ์พ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพแบบฉายแสง ของตัวอักษร ถ ข ด และ พ ขนาด 16 พอยต์ พิมพ์บนกระดาษไม่เคลือบผิว 43

4.7 ผลการวิเคราะห์ความกว้างเส้นของตัวอักษรไทยที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีเครื่องพิมพ์พ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพแบบฉายแสง ของตัวอักษร ถ ข ด และ พ ขนาด 20 พอยต์ พิมพ์บนกระดาษไม่เคลือบผิว 47

4.8 ผลการวิเคราะห์ลักษณะหัวตัวอักษรไทยที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี เครื่องพิมพ์พ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพแบบฉายแสงของตัวอักษร ถ ข ด และ พ ขนาด 10 พอยต์ พิมพ์บนกระดาษไม่เคลือบผิว 62

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.9 ผลการวิเคราะห์ลักษณะหัวตัวอักษรไทยที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีเครื่องพิมพ์พ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพแบบฉายแสง ของตัวอักษร ถ ข ด และ พ ขนาด 16 พอยต์ พิมพ์บนกระดาษไม่เคลือบผิว 66

4.10 ผลการวิเคราะห์ลักษณะหัวตัวอักษรไทยที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีเครื่องพิมพ์พ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพแบบฉายแสง ของตัวอักษร ถ ข ด และ พ ขนาด 20 พอยต์ พิมพ์บนกระดาษไม่เคลือบผิว 70

4.11 ผลการประเมินคุณภาพตัวอักษรจากผู้สังเกตการณ์จำนวน 20 คน.....72

4.12 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า T ของคะแนนที่ผู้สังเกตการณ์ให้กับตัวอักษรที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและเครื่องพิมพ์พ่นหมึก.....78

4.13 ผล T-test เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ผู้สังเกตการณ์ให้กับตัวอักษรที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและเครื่องพิมพ์พ่นหมึก 79

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันการพิมพ์แบบไร้สัมผัส (Nonimpact Printing) ได้รับความนิยมอย่างมากต่อวงการธุรกิจและบุคคลทั่วไป เช่น ในอุตสาหกรรม สำนักงาน โรงพิมพ์ และในบ้าน การพิมพ์แบบไร้สัมผัสที่ได้รับความนิยมและใช้กันมากมี 2 ระบบ คือ การพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี และการพิมพ์แบบพ่นหมึก ซึ่งทั้งสองระบบมีปริมาณการใช้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สาเหตุที่การพิมพ์ระบบไร้สัมผัสได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากมีการใช้คอมพิวเตอร์กันอย่างกว้างขวาง และมีการพัฒนาเทคโนโลยี ทำให้อุปกรณ์มีราคาถูก ขนาดเครื่องพิมพ์เล็ก กลไกลการทำงานง่าย สะดวก รวดเร็ว และคุณภาพงานพิมพ์มีตั้งแต่ไม่สูงมาก เป็นที่ยอมรับทั่วไป และประเภทคุณภาพสูงซึ่งสามารถนำไปเป็นต้นฉบับในงานพิมพ์ได้

การผลิตเครื่องพิมพ์ระบบไร้สัมผัสส่วนใหญ่ผลิตจากแถบประเทศตะวันตก ประเทศญี่ปุ่น และประเทศเกาหลี จึงมีการวัดคุณภาพการพิมพ์จากเครื่องพิมพ์ที่ผลิต โดยใช้ตัวอักษรของประเทศผู้ผลิตในการทดสอบ เช่น ตัวอักษรโรมัน[1]และตัวอักษรเคนจิ[2] แต่ตัวอักษรไทยมีโครงสร้างที่แตกต่างจากตัวอักษรโรมัน เช่น ชุดตัวอักษรไทยประกอบด้วย พยัญชนะ สระ วรรณยุกต์ และตัวเลข[3] ลักษณะเฉพาะของตัวอักษรไทยอีกอย่างหนึ่ง คือ หัวตัวอักษร ตัวอักษรไทยจะมีหัวตัวอักษร คือ หัวกลม และมีลักษณะกลมโปร่ง[4] การประเมินคุณภาพตัวอักษรไทยจึงแตกต่างไปจากการประเมินคุณภาพตัวอักษรชนิดอื่นๆ

ปัจจุบันตัวอักษรไทยมีการออกแบบอย่างหลากหลาย เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานและการพิมพ์ ดังนั้นจึงมีการหาวิธีการประเมินคุณภาพตัวอักษรไทยเพื่อนำไปสู่การออกแบบให้เหมาะสมกับเครื่องพิมพ์ไร้สัมผัส ซึ่งการประเมินคุณภาพตัวอักษรไทยนี้ยังไม่มีการศึกษามาก่อน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาเกี่ยวกับวิธีการประเมินคุณภาพตัวอักษรไทย โดยใช้แบบตัวอักษร CU Tomlight ในการวิเคราะห์และกำหนดลักษณะที่วิเคราะห์ ได้แก่ ความดำตัวอักษร ความขรุขระของขอบตัวอักษร ความกว้างเส้นตัวอักษร และหัวตัวอักษร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินคุณภาพตัวอักษรไทยแบบอื่นๆ ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการประเมินคุณภาพของตัวพิมพ์อักษรไทยจากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี และเครื่องพิมพ์พ่นหมึก กับตัวอักษรที่พิมพ์จากเครื่องสร้างภาพ

2. เปรียบเทียบวิธีประเมินคุณภาพของอักษรไทยที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี และเครื่องพิมพ์พ่นหมึก กับตัวอักษรที่พิมพ์จากเครื่องสร้างภาพ ด้วยวิธีวัดโดยใช้อุปกรณ์และจากการประเมินด้วยสายตา

1.3 สมมติฐาน

คุณภาพตัวอักษรที่ดีต้องเหมือนต้นฉบับทุกประการโดยวิเคราะห์ด้วย ความดำตัวอักษร ความกว้าง ตัวอักษร ความขรุขระของขอบตัวอักษร หัวตัวอักษร

1.4 ขอบเขตการวิจัย

การประเมินคุณภาพตัวพิมพ์อักษรไทยที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่พิมพ์ลงกระดาษไม่เคลือบผิว (กระดาษปอนด์ A4 80 แกรม ขนาด 21 x 29.7 กรัมต่อตารางเซนติเมตร) จากองค์ประกอบต่อไปนี้

1.4.1 ในการทดลองนี้เลือกใช้แบบอักษร CU Tomlight เนื่องจากมีลักษณะโครงสร้างของตัวอักษรที่ใกล้เคียงกับตัวอักษรไทยมาตรฐานที่กำหนดโดยราชบัณฑิตยสถาน การเลือกตัวแทนตัวอักษรจากกลุ่มที่มีโครงสร้างเดียวกัน เช่น กลุ่มโครงสร้าง ก ได้แก่ ก ถ ฤ ภ ฦ ฏ ฏ กลุ่มโครงสร้าง ข ได้แก่ ข ฃ ช ซ กลุ่มโครงสร้าง ค ได้แก่ ค ศ ด ต ศ กลุ่มโครงสร้าง พ ได้แก่ พ ฟ ฬ เป็นต้น ซึ่งตัวอักษรที่เลือกตัวแทนมา คือ ถ ข ด และพ ใช้กับเครื่องมือวัดไมโครเดนซิโตมิเตอร์ และเลือกตัวอักษร ก ฎ ฏ ถ – ข ฃ - ค ศ ด ศ – ษ – ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส ใช้กับผู้สังเกตการณ์

1.4.2 ขนาดตัวอักษร

1.4.2.1 ขนาดตัวอักษร 8 10 12 16 18 20 และ 24 พอยต์ เพื่อทดสอบกับผู้ที่ประกอบอาชีพก่อนพิมพ์ (Prepress) จำนวน 20 คน

1.4.2.2 ขนาดตัวอักษร 10 16 และ20 พอยต์ ทดสอบกับเครื่องมือวัดไมโครเดนซิโตมิเตอร์

1.4.3 ความละเอียดของเครื่องพิมพ์

1.4.3.1 เครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี คือ

(ก) Laser Writer Select ความละเอียด 300 dpi

(ข) Laser Writer Pro 630 ความละเอียด 600 dpi

(ค) Laser A-a Writer 3G ความละเอียด 1200 dpi

1.4.3.2 เครื่องพิมพ์แบบพ่นหมึก คือ

(ก) Epson Stylus Pro ความละเอียด 360 dpi

(ข) Canon BJC-8500 ความละเอียด 720 dpi

(ค) Epson Stylus Photo 700 ความละเอียด 1440 dpi

1.4.3.3 เครื่องสร้างภาพ (Imagesetter) คือ

Linotonic260 Linotype-Hell AG ความละเอียด 1200 dpi ลงบนกระดาษโบรไมด์

1.4.4 การออกแบบแผ่นทดสอบตัวอักษรและขนาดตัวอักษร ตามที่กำหนดในข้อ 1.4.1 และ 1.4.2 ด้วยโปรแกรม PageMaker 6.5 จากนั้นทำการพิมพ์ผ่านเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี เครื่องพิมพ์แบบพ่นหมึก และเครื่องฉายแสง ตามที่กำหนดในข้อ 1.4.3 จากนั้นนำแผ่นทดสอบที่พิมพ์ได้ไปทดสอบกับผู้ที่ประกอบอาชีพก่อนพิมพ์ ตามที่กำหนดในข้อ 1.4.2.1 โดยเปรียบเทียบคุณภาพตัวอักษรที่ ตัวบวม หัวตัน และอ่านออก โดยเปรียบเทียบคุณภาพตัวอักษรกับตัวอักษรที่ออกจากเครื่องฉายแสง จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มโดยใช้สถิติ T-test และนำแผ่นทดสอบตามที่กำหนดในข้อ 1.4.2.2 มาวิเคราะห์ด้วยเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์ โดยศึกษาและเปรียบเทียบ ดังนี้

- ความดำตัวอักษร (Density)
- ความกว้างเส้นตัวอักษร (Line Width)
- ความขรุขระของขอบตัวอักษร (Edge Raggedness)
- หัวตัวอักษร (Head of Characterstic)

จากนั้นนำข้อมูลที่วัดได้มาเปรียบเทียบโดยใช้ค่าเฉลี่ยทางสถิติ

1.4.5 คำจำกัดความของลักษณะที่บอกคุณภาพตัวอักษร

1.4.5.1 ความดำของตัวอักษร คือ ความดำโดยอุดมคติ เส้นของตัวอักษรที่มีความดำสูง เพื่อให้เกิดค่าความเปรียบต่างของพื้นที่ที่พื้นหลังมากที่สุด เพื่อความคมชัดของตัวอักษร และตัวอักษรมีความสม่ำเสมอของความดำตลอดตัวอักษรเท่ากัน

1.4.5.2 ความกว้างของเส้นตัวอักษร คือ ความกว้างของเส้นเมื่อพิมพ์จากเครื่องพิมพ์เกิดการเปลี่ยนแปลงจากขนาดจริงของต้นฉบับที่ออกแบบ

1.4.5.3 ความขรุขระของขอบตัวอักษร คือ ลักษณะของขอบเส้นตัวอักษรซึ่งเป็นรอยหยักเนื่องจากลักษณะของกระบวนการ เทคโนโลยีของเครื่องพิมพ์ และความละเอียดของอุปกรณ์

1.4.5.4 หัวตัวอักษรคือ หัวกลมมีลักษณะกลมโปร่ง ส่วนที่โปร่งของหัวตัวอักษรมีขนาดกว้างกว่า หรือเท่ากับความหนาของเส้น ตัวพิมพ์อักษรไทยที่มีหัวตัวอักษรมี 42 ตัว คือ ข ฃ ค ฅ ฆ ง จ ฉ ช ซ ฌ ญ ฎ ฏ ฐ ฑ ฒ ณ ด ต ถ ท น บ ป ผ ฝ พ ฟ ภ ม ย ร ล ว ษ ศ ส ห ฬ อ ฮ

1.5 ขั้นตอนในการวิจัย

1.5.1 กำหนดตัวอักษร ก ฎ ฏ ถ – ข ฃ - ค ฅ ด ศ – ย – ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส ของแบบอักษร CU Tomlight โดยกำหนดขนาดตัวอักษรที่ 8 10 12 16 18 20 และ 24 พอยต์ และออกแบบแผ่นทดสอบด้วยโปรแกรม PageMaker 6.5

1.5.2 พิมพ์ออกเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี คือ Laser Writer Select ความละเอียด 300 dpi, Laser Writer Pro ความละเอียด 600 dpi, Laser A-a Writer 3G ความละเอียด 1200 dpi เครื่องพิมพ์แบบพ่นหมึก คือ Epson Stylus Pro ความละเอียด 360 dpi, Canon BJC-8500 ความละเอียด 720 dpi, Epson Stylus Photo 700 ความละเอียด 1440 dpi ด้วยกระดาษไม่เคลือบผิวชนิดเดียวกัน เครื่องสร้างภาพ (Imagesetter) คือ Linotonic260 Linotype-Hell AG ความละเอียด 1200 dpi ลงบนกระดาษโบรไมด์

1.5.3 นำแผ่นทดสอบที่พิมพ์ได้จากข้อ 1.5.2 มาวัดคุณภาพตัวอักษรด้วยเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์ ด้วยตัวอักษร ถ ข ด และพ ที่ขนาดตัวอักษร 10 16 และ 20 พอยต์ โดยวิเคราะห์ความดำตัวอักษร ความกว้างเส้นตัวอักษร ความขรุขระของขอบตัวอักษร และหัวตัวอักษร ของแต่ละเครื่องพิมพ์และแต่ละขนาดตัวอักษร โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบโดยใช้ค่าเฉลี่ยทางสถิติ

1.5.4 นำแผ่นทดสอบที่พิมพ์ได้จากข้อ 1.5.2 มาวัดคุณภาพตัวอักษรโดยใช้ผู้สังเกตการณ์จำนวน 20 คนโดยสังเกตคุณภาพตัวอักษรที่ ตัวบวม หัวตัน และ อ่านออก จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มโดยใช้สถิติ t-Test

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้วิธีในการประเมินคุณภาพตัวอักษรไทยที่ได้จากเครื่องพิมพ์ไร้สัมผัส

บทที่ 2

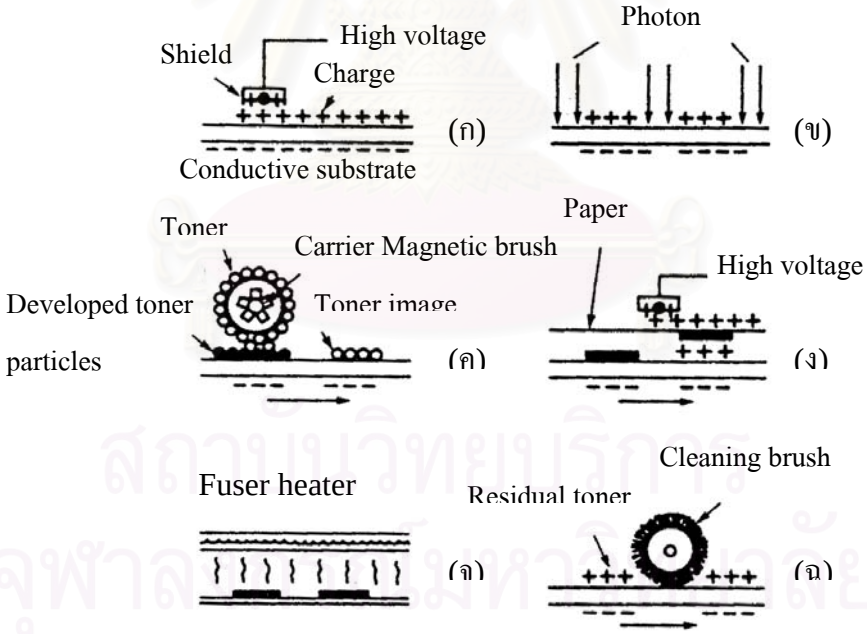
ทฤษฎีและวรรณกรรมปริทรรศน์

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 กระบวนการการเกิดภาพของเครื่องพิมพ์ระบบต่างๆ

2.1.1.1 กระบวนการการเกิดภาพด้วยระบบอิเล็กทรอโฟโตกราฟี

ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ 6 ขั้นตอน ได้แก่ การก่อประจุ (Charging) การฉายแสง (Exposure) การสร้างภาพ (Developing) การถ่ายโอนภาพ (Transferring) การคงภาพ (Fusing) และ การกำจัดโทนเนอร์ตกค้าง (Cleaning)[6] ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กระบวนการการเกิดภาพของระบบอิเล็กทรอโฟโตกราฟี (ก) การก่อประจุ (Charging) (ข) การฉายแสง (Exposure) (ค) การสร้างภาพ (Developing) (ง) การถ่ายโอนภาพ (Transferring) (จ) การคงภาพ (Fusing) และ (ฉ) การกำจัดโทนเนอร์ตกค้าง (Cleaning) (ภาพจาก Handbook of Image Materials หน้า 161)

(ก) การก่อประจุ

เป็นการชาร์จหรือให้ประจุลงไปบนผิวโฟโตคอนดักเตอร์ ดรัม

(ข) การฉายแสง

เป็นการเปิดรับแสงไปยังต้นฉบับแล้วสะท้อนไปที่ผิวโฟโตคอนดักเตอร์ ดรัม เพื่อสร้างภาพแฝงบนผิวโฟโตคอนดักเตอร์ ดรัมโดยภาพแฝงที่เกิดมีลักษณะเป็นเนกาทีฟ หรือพอซิทีฟ ซึ่งขึ้นอยู่กับโฟโตคอนดักเตอร์ ดรัมที่ใช้ ถ้ามีประจุบวกบนผิวโฟโตคอนดักเตอร์ ดรัมที่ใช้เป็น ซีลีเนียม โฟโตคอนดักเตอร์ ดรัมจะเกิดภาพแฝงที่เป็นเนกาทีฟ ส่วนประจุลบบนผิวโฟโตคอนดักเตอร์ ดรัมจะเกิดภาพแฝงที่เป็นพอซิทีฟ

(ค) การสร้างภาพ

ในขั้นตอนนี้อนุภาคของโทนเนอร์ที่มีประจุตรงกันข้ามกับประจุบริเวณภาพแฝงจะไปเกาะที่ผิวโฟโตคอนดักเตอร์ ดรัมบริเวณภาพแฝงด้วยสนามไฟฟ้าโดยเมื่อโฟโตคอนดักเตอร์ ดรัมที่ใช้เป็น ซีลีเนียม โฟโตคอนดักเตอร์ ดรัมจะทำการก่อประจุบวกแก่โทนเนอร์ ส่วนออร์แกนนิกโฟโตคอนดักเตอร์ ดรัมจะทำการก่อประจุลบแก่โทนเนอร์

(ง) การถ่ายโอนภาพ

เป็นขั้นตอนที่โทนเนอร์เกาะอยู่บริเวณภา พแฝงบนผิวโฟโตคอนดักเตอร์ ดรัม เพื่อถ่ายโอนไปยังกระดาษที่ผ่านการชาร์จประจุที่เป็นประจุตรงข้ามกับโทนเนอร์

(จ) การคงภาพ

เป็นการทำให้โทนเนอร์ยึดติดบนผิวกระดาษได้ดีขึ้นด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ด้วยการใช้ความร้อน การใช้แรงกด หรือทั้งสองวิธีร่วมกัน

(ฉ) การกำจัดโทนเนอร์ตกค้างบนดรัม

เป็นขั้นตอนที่ทำการขจัดโทนเนอร์ตกค้างออกจากผิวโฟโตคอนดักเตอร์ ดรัม และประจุตกค้างบริเวณภาพแฝง โดยการใช้ อิเล็กทรอนิค บรัส หรือ แว็คคิวอัม ซีสเท็ม หรือ รับเบอร์ วิปเปอร์เบลด

2.1.1.2 โฟโตรีเซปเตอร์

ลักษณะของโฟโตรีเซปเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในระบบการพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีมีดังนี้ [7]

(ก) โฟโตรีเซปเตอร์ต้องรักษาประจุไฟฟ้าที่ได้จากการทำประจุคอโรนาในที่มืด

(ข) โฟโตรีเซปเตอร์ต้องคายประจุอย่างมีประสิทธิภาพ ณ.ทุกความยาวคลื่นในช่วงแสงสีขาว

(ค) ตัวพาหะประจุไฟฟ้าที่ถือกำเนิดมาจากแสงต้องวิ่งตามขวางในโฟโตรีเซปเตอร์ ซึ่งใช้เวลาสั้นเมื่อเปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้สร้างภาพ ทำให้ภาพที่ได้มีความเปรียบต่างสูง การเคลื่อนที่ต่ำมีผลต่อรูปร่างของการปลดปล่อยประจุไฟฟ้า เนื่องจากแสงและลดความต่างศักย์ของภาพประจุไฟฟ้า ซึ่งส่งผลให้ภาพมีความเปรียบต่างลดลง

(ง) ค่าช่วงประจุไฟฟ้าของตัวพาหะ หรือระยะทางที่ประจุไฟฟ้าเริ่มเลื่อนลอย (drift) ก่อนที่จะตรึงอยู่กับกับดัก ควรมากกว่าค่าความหนาของฟิล์มโฟโตคอนดักเตอร์ ขีดจำกัดของช่วงตัวพาหะนี้ส่งผลให้เกิดความต่างศักย์ตกค้าง ซึ่งตกค้างอยู่ภายหลังการฉายแสงและขั้นตอนการลบล้างประจุ ความต่างศักย์ตกค้างเหล่านี้ลดความต่างศักย์เปรียบต่าง ทำให้ขั้นตอนการสร้างภาพมีประสิทธิภาพลดลง ความเปรียบต่างของภาพที่ได้จึงลดลง

(จ) แต่ละครั้งของการเกิดภาพตั้งแต่การเกิดประจุ การเกิดภาพแฝง การเกิดภาพหมึกผงจนกระทั่งความต่างศักย์ตกค้าง ต้องมีเสถียรภาพและให้ค่าคงที่ เมื่อมีการพิมพ์ซ้ำภาพเดิม หากมีการแปรปรวนของค่าเชิงไฟฟ้าในขั้นตอนใดๆ ภาพที่ได้จะมีคุณภาพแตกต่างกัน

(ฉ) วัสดุที่ใช้ทำโฟโตรีเซปเตอร์ต้องง่ายต่อการผลิตแผ่นฟิล์มที่มีขนาดใหญ่ และไม่มีรอยตำหนิ ทนการสึกหรอสูง ภายใต้ภาวะการสร้างภาพและการทำความสะอาด

2.1.1.3 องค์ประกอบของโทนเนอร์

องค์ประกอบที่อยู่ในโทนเนอร์มีส่วนสำคัญต่อคุณภาพของภาพพิมพ์ โดยทั่วไปประกอบด้วย[8]

(ก) สารยึด (Binder Resin)

เป็นสารพอลิเมอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวยึดสารสีให้ติดกับกระดาษเพื่อความคงทนของภาพ การเลือกใช้สารยึด ขึ้นอยู่กับลักษณะการคงภาพ

(ข) สารสี (Colorant)

สารสีที่ใช้ขึ้นอยู่กับสีสันของโทนเนอร์ โดยทั่วไปโทนเนอร์สีดำ ใช้คาร์บอน แบล็ค หรือ ไนโกรซีน โทนเนอร์สีฟ้าหรือสีไซแอน ใช้ คอปเปอร์ พทาโลไซยานิน โทนเนอร์สีแดงหรือสีแมกเจนตา ใช้ ควินนาคริโดน และ โรโดมีน ส่วนโทนเนอร์สีเหลือง ใช้ เอโซ ซึ่งการกระจายของสารสีในสารยึดเกาะมีผลต่อความสม่ำเสมอของคุณภาพงานพิมพ์

(ค) สารควบคุมประจุ (Charge control agent)

เป็นตัวควบคุมการก่อประจุและรักษาระดับประจุให้เหมาะกับการใช้งาน ปริมาณของสารควบคุมประจุมีผลต่อคุณภาพงานพิมพ์ เมื่อความเข้มข้นของสารควบคุมประจุสูงขึ้น ความดำพื้นตายของภาพสูงขึ้น ส่วนความดำพื้นหลังลดลง[9]

(ง) สารเติมแต่งผิวหน้า (Surface additive)

เป็นสารที่เติมลงไปบนผิวโทนเนอร์ ช่วยในการเคลื่อนที่โดยลดแรงยึดเกาะระหว่างอนุภาคโทนเนอร์ และระหว่างโทนเนอร์กับผิวโมสร้างภาพ นอกจากนั้นยังช่วยคงความเสถียรของประจุ สารเติมแต่งผิวหน้าที่ผ่านการดัดแปรสภาพผิวต่างกัน หรือมีปริมาณบนผิวโทนเนอร์แตกต่างกัน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพงานพิมพ์ ทั้งในส่วนของความดำ หรือความขรุขระของขอบตัวอักษร

(จ) สารเติมแต่งอื่น ๆ (Other additive)

สารเสริมสภาพแม่เหล็ก ช่วยในการเคลื่อนที่ของโทนเนอร์ และช่วยให้การทำความสะอาดเครื่องพิมพ์ง่ายขึ้น น้ำมันซิลิโคนช่วยป้องกันการยึดเกาะของโทนเนอร์ที่มีต่อโมคงภาพ (Fusing roller) ลดการตกค้างของโทนเนอร์บนโมคงภาพซึ่งมีผลต่อการเกิดภาพหลอก (Ghost image)

2.1.1.4 พฤติกรรมการหลอมเหลวของภาพหมึกผง

คุณภาพของภาพพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ได้รับอิทธิพลจากขั้นตอนการคงภาพขึ้นอยู่กับตัวแปรต่าง[10]ๆ เช่น วิธีการหลอมภาพ ความสมดุลของสี ประสิทธิภาพเชิงทัศนศาสตร์ หรือ การครอบคลุมพื้นที่ผิววัสดุใช้พิมพ์ และลักษณะเฉพาะของความมันวาว

เครื่องพิมพ์ที่ดีต้องออกแบบให้โทนเนอร์มีพฤติกรรมการหลอมเหลวที่ให้แรงยึดติดเชิงกลที่ดี และมีการแพร่ที่พอควรบนวัสดุรองรับ โดยไม่ลดความคมชัดของภาพพิมพ์ ความร้อนจากลูกโมคงภาพ จะทำให้ภาพที่มีการไหลของโทนเนอร์ดี ของไหลของโทนเนอร์ควรอยู่ติดกับวัสดุรองรับ เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดรูขาว (white holes) บนภาพพิมพ์ ที่ลดความดำและคุณภาพของภาพพิมพ์ได้

ปริมาณของโทนเนอร์ที่ใช้ในการพิมพ์ภาพอิเล็กทรอโฟโตกราฟีมีค่าน้อยมาก เมื่อให้ภาพมีค่าความดำพื้นตายเต็มที่ นั่นคือใช้ปริมาณโทนเนอร์เพียง 0.65 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับการยึดติดอนุภาคของหมึกผงหนาเพียงชั้นเดียว ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพของการยึดติด การถ่ายโอน และการหลอมเหลวของอนุภาคขนาดเล็กๆ ลักษณะเช่นนี้เป็นปัจจัยที่สำคัญมาก เนื่องจากการพิมพ์ลักษณะนี้สามารถให้อำนาจการปกปิดพื้นผิววัสดุพิมพ์ได้อย่างดี จึงใช้หมึกพิมพ์ปริมาณน้อย

ซึ่งเป็นผลดีต่อเศรษฐกิจ และภาพที่ได้มีความคงทนมาก สามารถม้วนภาพได้หลายตลบ โดยที่หมึกพิมพ์ไม่หลุด

ปัจจัยสำคัญที่ควบคุมคุณภาพของภาพพิมพ์ระบบอิเล็กทรอโฟโตกราฟีคือประจุบนผิวโทนเนอร์ ซึ่งนอกจากจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของโทนเนอร์แล้ว ยังขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่น ๆ อีก คือ

(ก) ขนาดและรูปร่างอนุภาค หรือแม้กระทั่งภาวะแวดล้อมภายนอกได้แก่ ความชื้น กลไกในการก่อประจุของเครื่องพิมพ์ เป็นต้น ช่วงของประจุที่เหมาะสมกับเครื่องพิมพ์ได้แก่ 10 ถึง 30 ไมโครคูลอมบ์ต่อกรัม โทนเนอร์ที่มีค่าประจุต่ำกว่า 10 ไมโครคูลอมบ์ต่อกรัมมักจะทำให้เครื่องพิมพ์สกปรกและผลิตภาพที่มีความดำพื้นหลังสูง ในทางตรงกันข้ามถ้าประจุสูงกว่า 30 ไมโครคูลอมบ์ต่อกรัม การถ่ายโอนโทนเนอร์จากลูกกลิ้งสร้างภาพไปสู่โฟโตคอนดักเตอร์ต่ำ

(ข) การถ่ายโอนโทนเนอร์บริเวณภาพจากโฟโตคอนดักเตอร์ไปสู่กระดาษต่ำ ทำให้ความดำของภาพต่ำกว่าที่ควรจะเป็น

โดยทั่วไปโทนเนอร์แบ่งออกตามประเภทรูปร่างเป็นสองประเภท ได้แก่

1.1 รูปร่างกลม (Spherical shape) ซึ่งได้จากการผลิตด้วยวิธีพอลิเมอไรเซชัน

1.2 รูปร่างไม่แน่นอน (Irregular shape) ซึ่งได้จากการผลิตด้วยวิธีการบด

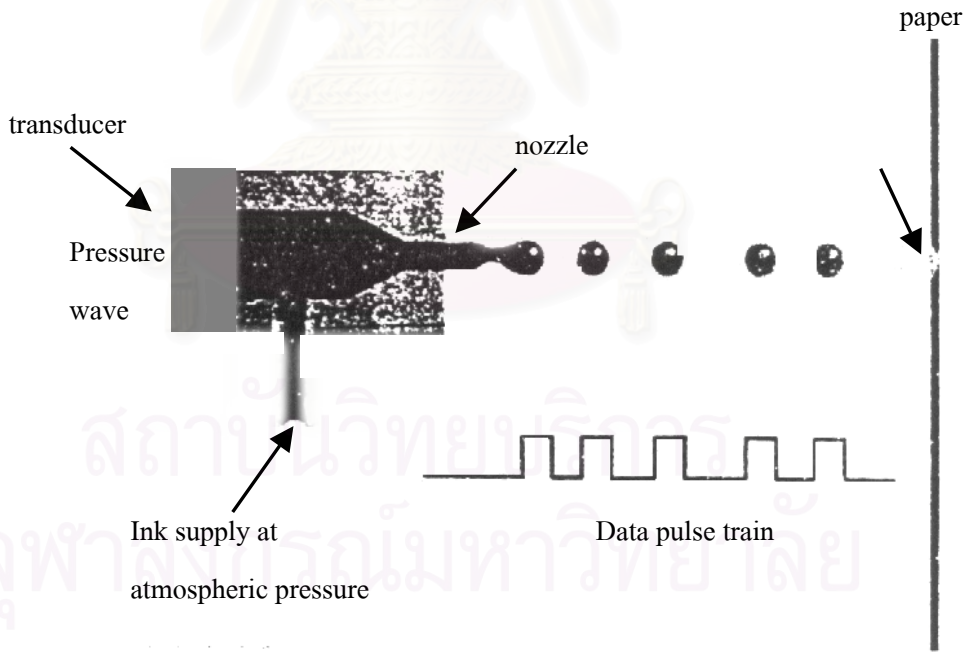
โทนเนอร์ที่มีรูปร่างกลมมีความสามารถในการเคลื่อนที่สูง การเกิดประจุสม่ำเสมอ มีงานวิจัยรายงานว่าโทนเนอร์รูปร่างกลมผลิตภาพที่มีความดำพื้นตายสูงกว่าและความดำพื้นหลังต่ำกว่าโทนเนอร์รูปร่างไม่แน่นอน ทั้งยังผลิตขอบของตัวอักษรและเส้นที่มีความขรุขระต่ำกว่าอีกด้วย[11] อย่างไรก็ตามการทำความสะอาดผิวโมในขั้นตอนการทำความสะอาดก็เป็นไปได้ยากกว่าโทนเนอร์ที่มีรูปร่างไม่แน่นอน มากกว่านี้มักจะทำให้เกิดการขรุขระของขอบเส้นและจุด ส่วนโทนเนอร์ที่มีขนาดอนุภาคต่ำกว่านี้จะเพิ่มการผลิตภาพให้มีคุณภาพดีขึ้น[12] อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของโทนเนอร์ขนาดเล็ก ๆ คือมีความยากในการผลิตมากกว่าและราคาแพงกว่า

2. 1.1.5 กระบวนการการเกิดภาพด้วยการพิมพ์แบบพ่นหมึก

(ก) ดรอปออนดีมานด์ (Drop-on-demand)

แนวความคิดพื้นฐานของการพิมพ์พ่นหมึก (drop-on-demand) คือ การพ่นหยดหมึกจากปลายของพวยพ่นหมึกลงบนวัสดุพิมพ์ โดยหยดหมึกถูกพ่นออกจากปลายพวยพ่นหมึกโดย

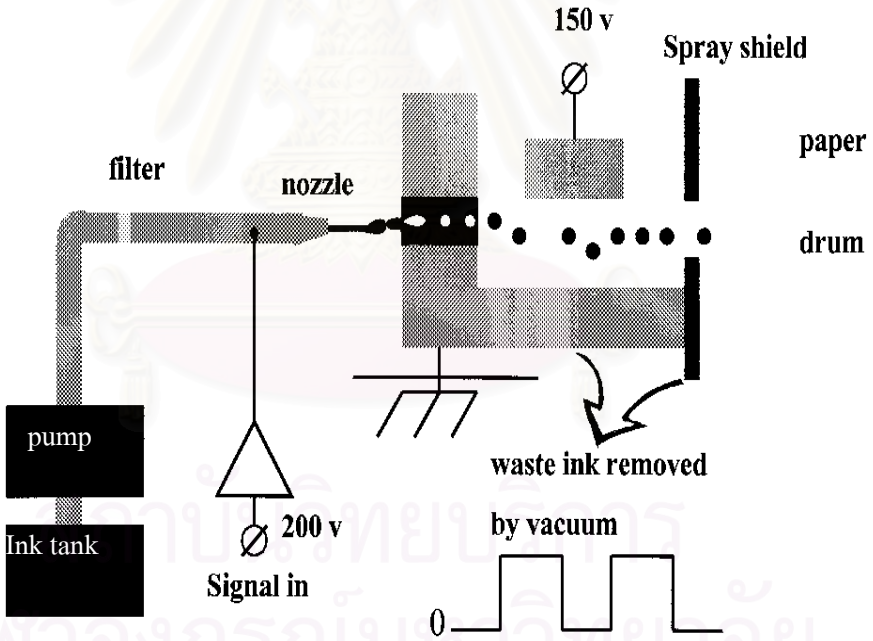
สัญญาณไบนารีเฉลี่ยซึ่งเป็นส่วนจ่ายพลังงานในการผลิตหยดหมึก ดังรูปที่ 2.2 หยดหมึกถูกพ่นลงบนวัสดุพิมพ์เพื่อก่อตัวเป็นจุดหมึก โดยทั่วไปหมึกถูกบรรจุอยู่ในภาชนะบรรจุ เช่น อ่างบรรจุหมึกหรือปลายท่อพวยพ่นหมึก ที่ภาวะปกติแรงดันไฮโดรสเตติก (hydrostatic) มีผลทำให้หมึกก่อตัวในลักษณะโค้งเว้า ที่ตำแหน่งปลายของภาชนะบรรจุหมึกก่อตัวในไดอะแฟรม (diaphragm) และบางหยดก่อตัวที่ปลายของพวยพ่นหมึก โดยทั่วไปรูเปิดของท่อพ่นหมึกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 40 ไมโครเมตรถึงประมาณ 100 ไมโครเมตรซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ผลิตและลักษณะของการนำไปใช้งาน สัญญาณขับเคลื่อนทางไฟฟ้าที่กระทำต่อภาชนะบรรจุ มีผลทำให้ปริมาตรของหมึกลดลง ดังนั้นจึงทำให้การพ่นของหยดหมึกจากท่อพ่นหมึกมีความเร็วสูง ความถี่ที่ใช้ที่ทำให้หยดหมึกพ่นออกไปขึ้นอยู่กับผู้ผลิตของแต่ละระบบ อย่างไรก็ตามความถี่ที่ใช้นี้โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 2-8 กิโลเฮิร์ตซ ความเร็วของหยดหมึกโดยทั่วไปอยู่ในช่วง 1 ถึง 3 เมตรต่อวินาที หมึกอิงก์เจ็ตที่ใช้โดยทั่วไปเป็นหมึกอิงก์เจ็ตฐานน้ำซึ่งใช้สีย้อมเป็นสารสี ความหนืดของหมึกชนิดนี้อยู่ในช่วง 1 ถึง 18 เซ็นติพอยต์



รูปที่ 2.2 กระบวนการการเกิดภาพด้วยการพิมพ์แบบพ่นหมึกแบบ Drop-on-demand (ภาพจาก Handbook of Image Material หน้า 530)

(ข) Continuous Flow Ink Jet Printers

การพิมพ์ระบบพ่นหมึกแบบต่อเนื่องได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นเพราะว่ามีความสามารถในการผลิตภาพสีที่มีความละเอียดสูง ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับแต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์ เครื่องพิมพ์แบบพ่นหมึก IRIS มีความละเอียดอยู่ในช่วง 250 ถึง 300 จุดต่อนิ้ว เครื่องพิมพ์แบบพ่นหมึก Stork X-cel-Excelerator 4/1120 มีความละเอียดมากกว่า 250 จุดต่อนิ้ว เทคโนโลยีการพ่นหมึกแบบต่อเนื่องนี้มีรากฐานมาจากหลักการของการพ่นหมึกแบบต่อเนื่องจากแหล่งที่มีความดันสูงๆ ประมาณ 550 psi ผ่านแคปปิลลารีที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 10 ถึง 15 ไมโครเมตร หยดหมึกถูกผลิตขึ้นมาที่ความถี่ 40-45 กิโลเฮิรตซ์ ความเร็วของหยดหมึกโดยทั่วไปประมาณ 35 เมตรต่อวินาที สามารถทำให้เกิดจุดหมึกหลายจุดต่อหน่วยของภาพผ่านพวยพ่นหมึกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กประมาณ 10 ไมโครเมตร เครื่องพิมพ์ระบบพ่นหมึกแบบต่อเนื่องบางเครื่องสามารถพิมพ์ได้ละเอียดสูงมากกว่า 300 จุดต่อนิ้ว



รูปที่ 2.3 กระบวนการการเกิดภาพด้วยการพิมพ์แบบพ่นหมึกแบบ Continuous Flow Ink Jet Printers (ภาพจาก Handbook of Image Material หน้า 532)

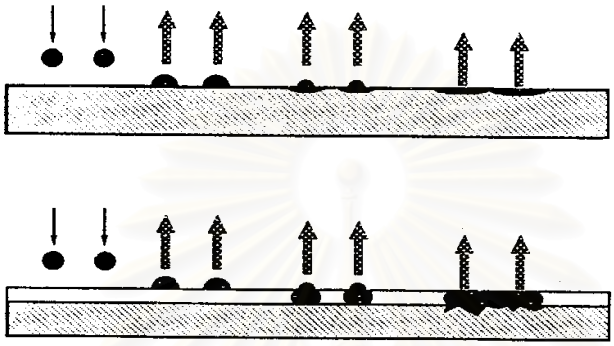
2.1.1.6 พื้นฐานของการพิมพ์แบบพ่นหมึก

ลักษณะการพิมพ์แบบพ่นหมึกประกอบด้วยจุดเล็ก ๆ ของหมึกซึ่งมีเรซิน[13] สารสี และสารเติมแต่งอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบบนพื้นผิวของวัสดุพิมพ์ หลังจากที่ตัวทำละลายของหมึกได้ระเหยออกไปหรือซึมทะลุลงบนวัสดุพิมพ์ การประเมินคุณภาพงานพิมพ์ของการพิมพ์แบบพ่นหมึกนี้โดยทั่วไปสามารถทำได้โดย การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดหมึก ลักษณะความเป็นวงกลม ลักษณะการวางตำแหน่งของจุดหมึก สีที่ปรากฏ และความคมชัดของขอบของจุดหมึกที่พิมพ์ได้ ซึ่งคุณภาพงานพิมพ์ของการพิมพ์แบบพ่นหมึกนี้จะแสดงคุณภาพงานพิมพ์ที่ดี โดยมีความคมชัดของขอบของจุดหมึกที่พิมพ์ได้สูง มีลักษณะความเป็นวงกลมของจุดหมึกสูง และมีค่าความเปรียบต่างสูง เป็นต้น ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพงานพิมพ์เหล่านี้คือ ลักษณะพื้นผิวของวัสดุพิมพ์ องค์ประกอบของหมึกพิมพ์ และค่าความละเอียดของเครื่องพิมพ์ที่ใช้

พารามิเตอร์ที่สำคัญของวัสดุพิมพ์ที่ใช้กับการพิมพ์แบบพ่นหมึก เช่น กระดาษที่ใช้เฉพาะกับหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ตคือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการแผ่กระจายของหยดหมึก กล่าวคือ เมื่อหมึกอิงค์เจ็ตเหลวถูกพ่นออกจากหัวพ่นหมึกลงบนพื้นผิวของวัสดุพิมพ์ ลักษณะของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดหมึกโดยประมาณมีขนาดเท่า ๆ กันกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดหมึกพิมพ์ที่พ่นออกจากหัวพ่นหมึกในตอนเริ่มต้นที่พ่นหมึก การระเหยของตัวทำละลายของหมึกพิมพ์เกิดขึ้นอย่างทันทีทันใดซึ่งอัตราการระเหยนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นในขณะนั้น รวมทั้งองค์ประกอบของหมึกพิมพ์ด้วย เมื่อเวลาผ่านไปหยดหมึกค่อย ๆ ซึมทะลุลงไปในวัสดุพิมพ์ซึ่งมีโครงสร้างเป็นแบบร่างแหที่มีรูพรุน ลักษณะของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดหมึกค่อย ๆ เปลี่ยนไปเมื่อหมึกพิมพ์ค่อย ๆ ซึมผ่านลงบนพื้นผิวของวัสดุพิมพ์ เมื่อตัวทำละลายของหมึกพิมพ์ระเหยออกไปหมดแล้ว จะปรากฏจุดของหมึกพิมพ์สีอยู่ด้านบนพื้นผิวของวัสดุพิมพ์ ซึ่งความแตกต่างระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางตอนเริ่มต้นและตอนสุดท้ายของจุดหมึกนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการแผ่กระจายของหยดหมึก (spread factor)

จากรูปที่ 2.4 แสดงอินเตอร์แอคชันระหว่างหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ตกับกระดาษไม่เคลือบผิวและกระดาษเคลือบผิว จากรูปที่ 2.4 สามารถอธิบายได้ว่าเมื่อหยดหมึกฐานน้ำถูกพ่นออกจากหัวพ่นหมึกไปสู่พื้นผิวของกระดาษไม่เคลือบผิว ลักษณะขนาดของหยดหมึกบนกระดาษมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใกล้เคียงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดหมึกที่พ่นออกจากหัวพ่นหมึกในตอนเริ่มต้นพ่นหมึก เมื่อเวลาผ่านไปหมึกค่อย ๆ ซึมผ่านพื้นผิวของกระดาษซึ่งจะดำเนินต่อไปจนกระทั่งหมึกทั้งหมดถูกดูดซับ

ลงสู่พื้นผิวของกระดาษ โดยการระเหยของตัวทำละลายของหมึกพิมพ์นี้จะดำเนินไประหว่างกระบวนการการซึมทะลุของหมึกพิมพ์จนสมบูรณ์ ในกรณีของกระดาษเคลือบผิว การซึมผ่านของหมึกอิงก์เจ็ตดำเนินไปโดยซึมทะลุลงไปสู่ส่วนเคลือบผิวของกระดาษตามขนาดรูพรุนของส่วนเคลือบผิว



รูปที่ 2.4 อันตรกิริยาระหว่างหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ตกับกระดาษแบบไม่เคลือบผิวและกระดาษเคลือบผิว (ภาพจาก Handbook of Image Material หน้า 546)

2.1.1.7 อันตรกิริยา (Interaction) ระหว่างหมึกพิมพ์กับพื้นผิวของวัสดุพิมพ์

วัสดุพิมพ์ที่ใช้โดยทั่วไปในการพิมพ์แบบพ่นหมึก[14] ได้แก่ กระดาษไม่เคลือบผิว กระดาษเคลือบผิว และฟิล์ม การวิเคราะห์คุณภาพงานพิมพ์ที่ได้จากการพิมพ์แบบพ่นหมึกนี้ เช่น หากต้องการให้ได้จุดของหมึกที่มีความคมชัดสูง หรือ มีความเป็นวงกลมสูง การศึกษาถึงอันตรกิริยาทางเคมีเชิงฟิสิกส์ระหว่างหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตและพื้นผิวของวัสดุพิมพ์จะทำให้เข้าใจกลไกและปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซึ่งมีผลต่อคุณภาพงานพิมพ์มากยิ่งขึ้น ในปี 1982 โอลิเวอร์ (Oliver) ทดลองและเปรียบเทียบผลการศึกษาการซึมทะลุของหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตลงสู่พื้นผิวของกระดาษด้วยแบบจำลองทางทฤษฎีต่าง ๆ ตามแบบจำลองคลาสสิคโดยใช้หลอดแคฟปิลลารี ที่มีรูขนาดเล็กของลูคัส วอสเบริน (The Classic Lucas-Washburn Capillary Model) ซึ่งอธิบายถึงการซึมทะลุของหมึกอิงก์เจ็ตลงสู่พื้นผิวของวัสดุพิมพ์ที่มีรูพรุน ในปี 1987 แอสเปอร์ (Aspler) และคณะ พบว่าค่าความหนืด ค่าแรงตึงผิวของหมึกพิมพ์อิงก์เจ็ตและปริมาตรของรูพรุนที่พื้นผิวของวัสดุพิมพ์เป็นปัจจัยสำคัญมีผลต่อคุณภาพงานพิมพ์ ต่อมาในปี 1988 แซลมิเนน (Salminen) พบว่าไม่สามารถใช้ทฤษฎีนี้อธิบายปรากฏการณ์การซึมทะลุของน้ำลงสู่พื้นผิวของกระดาษได้ และพบว่าอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุลของวัฏภาคที่ระเหยของตัวทำละลายหมึกและพื้นผิวของกระดาษมีบทบาทสำคัญมากกว่า ซึ่งสามารถใช้อธิบายลักษณะทางพลวัตของการซึม

ผ่านของหมึกอิงก์เจ็ตฐานน้ำนี้ได้ ดังนั้นจึงไม่มีแบบจำลองทางทฤษฎีใด ๆ ที่สามารถนำมาทำนายลักษณะการเกิดของจุดหมึกบนพื้นผิวของวัสดุพิมพ์ได้ แต่ขึ้นอยู่กับสมบัติของหมึกและวัสดุพิมพ์นั้น ๆ เพื่อให้เข้าใจถึงสมบัติของวัสดุพิมพ์ เช่น กระดาษแบบต่าง ๆ และฟิล์ม ซึ่งส่งผลต่อลักษณะปรากฏของหมึกอิงก์เจ็ต มีความจำเป็นที่จะต้องศึกษารายละเอียดและทำความเข้าใจถึงชนิดและลักษณะของพื้นผิววัสดุพิมพ์แต่ละชนิดนั้น ๆ ด้วย

ลักษณะพื้นผิวของกระดาษไม่เคลือบผิว

ลักษณะพื้นผิวของกระดาษไม่เคลือบผิวมีลักษณะแตกต่างกันไปตามวัตถุดิบ สารเคมี และกระบวนการผลิตกระดาษที่ใช้ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้กระดาษที่ได้มีสมบัติและลักษณะพื้นผิวแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น กระดาษที่ทำมาจากไม้เนื้ออ่อนเส้นใยยาวจะมีปริมาตรของรูพรุนที่แตกต่างกันมากกว่ากระดาษที่ทำมาจากไม้เนื้อแข็งเส้นใยสั้น ซึ่งปริมาตรของรูพรุนนี้เป็นพารามิเตอร์สำคัญในกระบวนการการซึมทะลุของหมึก โดยทั่วไปกระดาษไม่เคลือบผิวทำมาจากส่วนผสมของเส้นใยจากไม้หลาย ๆ ชนิดรวมกัน เครื่อง SEM และ Electron dispersion analytical x-ray (EDAX) สเปคตรัม ใช้แสดงภาพลักษณะพื้นผิวของกระดาษไม่เคลือบผิวที่ใช้สารเติมเต็ม (filler) ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์พื้นผิวของวัสดุพิมพ์ โดยชนิดของสารตัวเติม ขนาดอนุภาคของสารตัวเติม และวิธีการเติมสารของสารตัวเติมนี้เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อพลวัตของการซึมทะลุของหมึก สำหรับเครื่องพิมพ์แบบพ่นหมึก พื้นผิวของกระดาษไม่เคลือบผิวที่ใช้ประกอบด้วยร่างแหของเส้นใยซึ่งมีสารต้านทานการซึมน้ำ สารเติมแต่ง และสารตัวเติมกระจายตัวอยู่ทั่วไประหว่างเส้นใยที่ขัดสานกันไปมา ถ้าหากสารต้านทานการซึมน้ำและสารตัวเติมกระจายตัวไม่สม่ำเสมอบนพื้นผิวของกระดาษ จะทำให้หมึกอิงค์เจ็ตเหลวมีแนวโน้มการยึดติดลงบนเส้นใยของกระดาษที่ไม่ดี ทำให้คุณภาพงานพิมพ์ที่ได้ไม่ดี ลักษณะปรากฏของสัณฐานวิทยาของพื้นผิวงานพิมพ์เบี่ยงเบนไปคือ จุดหมึกสีที่ได้มีลักษณะไม่เป็นวงกลม ค่ายีลต์ของงานพิมพ์ที่ได้แตกต่างจากค่ายีลต์ในอุดมคติของงานพิมพ์สูง ลักษณะของเครื่องพิมพ์แบบพ่นหมึกที่ดีจะต้องสามารถพิมพ์ลงบนกระดาษไม่เคลือบผิวโดยให้คุณภาพงานพิมพ์ที่สม่ำเสมอ และไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ในทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของพื้นผิวของกระดาษ ตัวอย่างเช่น เครื่องพิมพ์แบบพ่นหมึกที่มีค่าความละเอียดมากกว่า 300 จุดต่อนิ้ว ลักษณะของการพ่นหมึกที่ออกมาควรมีค่าการแผ่ตัว (Spread Factor) ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้คุณภาพงานพิมพ์สูงสุด การเลือกใช้หมึกที่มีองค์ประกอบของน้ำสูงจะช่วยลดการซึมทะลุของหมึกลงสู่ร่างแหเส้นใยของกระดาษ และยังคงมีค่าการแผ่ตัว ที่เหมาะสมและเที่ยงตรงในการพิมพ์ลงบนกระดาษไม่เคลือบผิว ปี 1990 บาเรส (Bares) และ เรนเนิลส์ (Rennels) ใช้เครื่องพิมพ์พ่นหมึกแบบตั้ง

โต๊ะพิมพ์หมึกลงบนกระดาษ พบว่างานพิมพ์ที่ได้ส่วนมากมีคุณภาพอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ แต่มีบางส่วนที่ให้คุณภาพงานพิมพ์ต่ำ จากการศึกษานี้พบว่า อัตราการซึมทะลุของหมึก และปริมาณของสารต้านการซึมน้ำที่กระจายตัวอยู่บนกระดาษมีความสัมพันธ์กันที่ดีกับคุณภาพงานพิมพ์ที่ได้จากการทดสอบกับกระดาษที่ใช้เป็นมาตรฐานการทดสอบจำนวน 20 แผ่น ในปี 1967 บรีสเทาว์ (Bristow) คิดค้นการวัดอัตราการซึมทะลุโดยใช้ Bristow wheel และในปี 1982 ไลน์ (Lyne) และ แอสเพอร์ (Aspler) ได้ใช้เทคนิคนี้ประยุกต์ในการพิมพ์แบบพ่นหมึก การวัดความต้านทานการซึมผ่านของน้ำโดยวิธี เฮอร์คิวลาร์ส ไซด์ เทส (Hercules size test) นี้แสดงความสัมพันธ์เพียงเล็กน้อยต่อคุณภาพงานพิมพ์ที่ได้ ส่วนสมบัติอื่น ๆ ของกระดาษ เช่น ชนิดของสารตัวเติม ความยาวของเส้นใย ความเรียบ และความมีรูพรุน สามารถวัดสมบัติของกระดาษโดยใช้วิธีการวัดมาตรฐานของ TAPPI ซึ่งวิธีการวัดนี้ให้ผลกระทบต่อคุณภาพงานพิมพ์ที่ได้เพียงเล็กน้อย จากการศึกษานี้ให้ข้อเสนอแนะว่าอัตราการซึมทะลุที่ต่ำนี้มีผลมาจากความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของหมึกที่ผิวของกระดาษ และงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งถูกเสนอขึ้นในปี 1990 โดย บาเรส และ เรนเนลส์ พบว่าการลดต่ำลงของอัตราการซึมทะลุของหมึกมีผลต่อคุณภาพงานพิมพ์ เนื่องจากสารต้านทานการซึมผ่านของน้ำภายนอกและสารต้านทานการซึมผ่านของน้ำภายใน

2.1.2 ลักษณะโครงสร้างตัวอักษรไทย

2.1.2.1 รูปตัวอักษรไทย

ลักษณะทั่วไปของตัวอักษรแบบหลักมีดังนี้ [15]

(ก) จะงอยโค้ง

(ข) หัวกลม, หัวขมวดหักหน้าบน, หัวหยักหักโค้งหน้าบน

(ค) เส้นบนโค้ง, เส้นบนหยักโค้ง

(ง) เส้นล่างตรง, เส้นล่าเอียงขึ้น, เส้นล่างเอียงลง

(จ) เส้นหน้าตรง, เส้นหน้าโค้ง, เส้นกลางตรง, เส้นหลังตรง

(ฉ) ขมวดหน้าตรง, ขมวดกลางตรง, ขมวดหลังตรง

(ช) ไม่มีกิ่ง

2.1.2.2 กลุ่มโครงสร้างตัวอักษรไทย

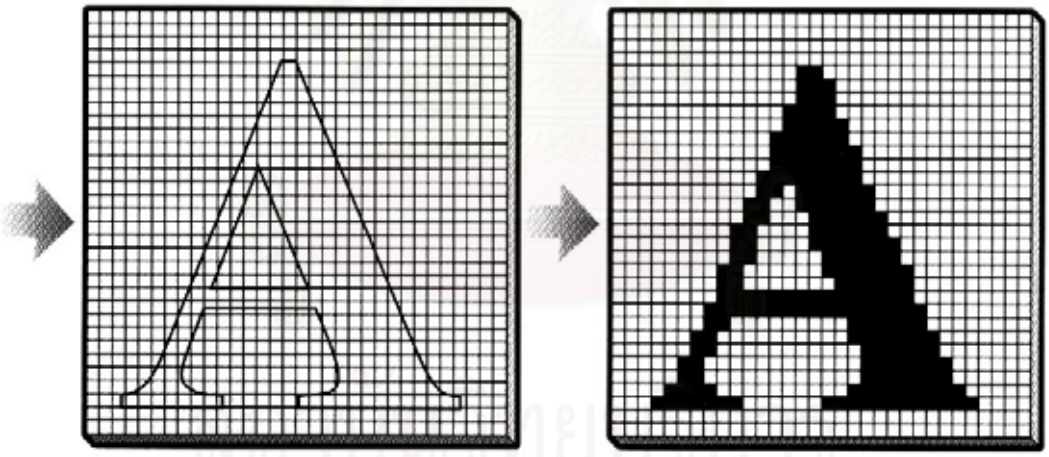
ราชบัณฑิตยสถานได้มีการจัดกลุ่มโครงสร้างตัวอักษรไทยไว้ 21 กลุ่มได้แก่ [16]

1. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร ก ได้แก่ ก ถ ฤ ภ ภ ฎ ฏ
2. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร ข ได้แก่ ข ฃ ช ซ
3. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร ค ได้แก่ ค ฅ ด ต ศ
4. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร บ ได้แก่ บ ป ษ
5. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร ผ ได้แก่ ผ ฝ
6. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร พ ได้แก่ พ ฟ ฬ
7. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร ม ได้แก่ ม ฆ
8. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร น ได้แก่ น
9. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร ฉ ได้แก่ ฉ
10. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร จ ได้แก่ จ
11. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร ฐ ได้แก่ ฐ
12. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร ง ได้แก่ ง
13. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร ท ได้แก่ ท ฑ
14. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร ห ได้แก่ ห
15. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร ธ ได้แก่ ธ
16. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร ร ได้แก่ ร
17. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร ย ได้แก่ ย
18. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร ล ได้แก่ ล ส
19. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร อ ได้แก่ อ ฮ
20. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษร ว ได้แก่ ว
21. กลุ่มโครงสร้างตัวอักษรแบบผสม ได้แก่ ณ ญ ณ ฒ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.3 การสร้างตัวอักษรแบบเวคเตอร์

ตัวอักษรที่ใช้ในระบบคอมพิวเตอร์เป็นตัวอักษรที่สร้างขึ้นโดยวิธีการแบบเวคเตอร์ (vector) ทำให้สามารถย่อขยายได้ทุกขนาด เรียกว่า character outline การเขียนตัวอักษรใช้ตัวแปลคำสั่ง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมที่ใช้จัดการตัวอักษร โดยที่มีใช้งานทั่วไปเช่น Adobe type manager เมื่อ outline font ทำการปรับขนาดได้เหมาะสมแล้ว ในการพิมพ์ออกไปที่อุปกรณ์ส่งออกต้องมีการแปลงข้อมูลจากเวคเตอร์ไปเป็นพิกเซล ในการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปพิกเซลทำให้ตัวอักษรเกิดเป็นขอบหยักตามลักษณะรูปร่างของพิกเซลที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมวางเรียงกันเป็นตาราง ความละเอียดของอุปกรณ์ส่งออกขึ้นกับความละเอียดของตารางนี้ เช่นที่ความละเอียด 300 dpi ตารางของพิกเซลจะมีขนาดใหญ่กว่าที่ความละเอียด 600 dpi ทำให้เมื่อทำการแปลงข้อมูลจาก outline font เป็นพิกเซลขอบตัวอักษรเกิดเป็นขอบหยักมากกว่า เนื่องจากตารางของพิกเซลมีขนาดเซลล์ที่ใหญ่กว่า มีการใช้เทคนิคบางอย่างเพื่อช่วยให้ขอบที่เป็นรอยหยักดูเรียบมากขึ้น เช่น antialiasing[17]



ก ข

รูปที่ 2.5 ลักษณะตัวอักษรในระบบคอมพิวเตอร์ (ก) ลักษณะตัวอักษรเวคเตอร์ (ข) ลักษณะตัวอักษรแบบบิทแมบ (ภาพจาก How Computer Graphics Work หน้า 66)

2.2 วรรณกรรมปริทรรศน์

Tanaka and Abe[18] ระบบที่ใช้สำหรับประเมินคุณภาพงานพิมพ์ในเชิงปริมาณ (พิจารณาจากขนาด และความยาว-สั้นของตัวอักษร) ได้ถูกพัฒนาขึ้น โดยระบบดังกล่าวมีการใช้กล้องวีดิโอเป็นอุปกรณ์ในการนำเข้าภาพ (image input device) และใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ PC ในการประมวลผลข้อมูล เนื่องจากการใช้กล้องวีดิโอสามารถวัดภาพสองมิติได้เร็วกว่าการใช้ไมโคเดนซิโตมิเตอร์มาก และมีการใช้กระบวนการทางภาพ (Image processing) ในการคำนวณค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของเส้นขอบ (edge features) และความสม่ำเสมอของภาพ (image uniformity) จากตัวอย่างงานพิมพ์จากการพิมพ์ประเภทต่าง ๆ มีการคำนวณ Void rate ซึ่งบอกถึงความสม่ำเสมอของภาพพิมพ์ โดยพบว่าลักษณะของเส้นขอบและ Void rate มีผลอย่างมากต่อคุณภาพงานพิมพ์ และผลลัพธ์ทั้งหมดที่ได้จากระบบประเมินภาพดังกล่าวมีความสอดคล้องกับการรับรู้ด้วยตาของมนุษย์

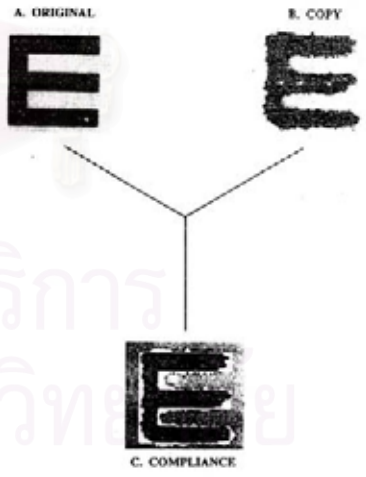
Edinger and Morris[19] ได้ศึกษาคุณภาพของตัวอักษร ที่ถ่ายเอกสารจากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ด้วยวิธีซ้อนภาพและวิเคราะห์จากความ Compliance โดยใช้สูตร

$$C = 1 - (A_x/A_o)$$

โดย C คือ ความยินยอม (Compliance)

A_o คือ พิมพ์ต้นฉบับ

A_x คือพื้นที่ไม่เข้ากัน (Incongruence)



รูปที่ 2.6 รูปแบบของความยินยอม (ภาพจาก J. Image. Sci Technology หน้า 216)

Compliance มีค่าในช่วงต่ำกว่า 0 เล็กน้อยจนถึง 1 สำหรับคุณภาพที่ต่ำมากจนถึงดีที่สุดตามลำดับของเครื่องถ่ายเอกสาร การหาวิธีประเมินคุณภาพของเครื่องถ่ายเอกสารในการถ่ายเอกสารตัวอักษร โดยใช้อุปกรณ์วิเคราะห์ภาพ (Image Analyzer) และการทดสอบจากการดูด้วยสายตา พบว่า การวิเคราะห์ด้วย Compliance มีความสัมพันธ์ดีกับการวิเคราะห์ด้วยตา ตัวอักษรที่ใช้ทดลองด้วยอุปกรณ์วิเคราะห์ภาพเป็น RIT Alphanumeric Test Target และตัวอักษรที่ให้ผู้ทดสอบดูคือ Imperial light ขนาดตัวอักษร 4 พอยต์ และ 10 พอยต์

Dvorak and Hamerly [20] ได้วิจัยคุณภาพของตัวอักษรโดยใช้ วิธี JND (Just-Noticeable Difference) ซึ่งข้อมูลที่ได้จากวิธีนี้ แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่น้อยที่สุด ที่ผู้สังเกตการณ์สามารถแยกแยะความแตกต่างได้ ตัวบ่งชี้ทางกายภาพนี้นำมาศึกษาในเรื่องคุณภาพตัวอักษรนี้คือ ค่าความดำ ซึ่งเป็นค่าเปรียบต่างความดำเฉลี่ยบริเวณส่วนดำของตัวและความกว้างของเส้น ซึ่งเป็นความกว้างของตัวอักษร L มีค่าความสะท้อนร้อยละ 50 โดยใช้แบบตัวอักษร 3 แบบ ได้แก่ Time Roman, Helvetica, Elite โดยพิมพ์ข้อความหนึ่งย่อหน้าด้วยข้อความเดียวกัน ให้ผู้ทดสอบอ่านข้อความในสภาพแสงที่กำหนด พบว่าที่ค่าทางกายภาพที่มีค่าระดับปานกลาง ผู้สังเกตการณ์ สามารถแยกความแตกต่างได้น้อย ในขณะที่ค่าทางกายภาพที่มีค่าน้อยผู้สังเกตการณ์สามารถแยกความแตกต่างได้มากกว่า และพบว่าความดำไม่ขึ้นกับรูปแบบของตัวอักษร โดยมีค่าความดำเฉลี่ย JND เท่ากับ 0.025ในขณะที่ค่า JND ของความกว้างเส้นตัวอักษรขึ้นกับรูปแบบตัวอักษร คือ ที่ขนาด 10 พอยต์ แบบ Elite มีค่า JND 10.0$\pm$ 1.6 และ Time Roman มีค่า JND 6.0$\pm$0.5

Special Report's Ifra[21] เปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพของตัวอักษรและภาพฮาล์ฟโทนจากเครื่องพิมพ์เลเซอร์และเครื่องสร้างภาพเลเซอร์ (Laser Image Setter) โดยทดสอบพิมพ์กับแบบทดสอบตัวอักษร helvetica และ time roman ขนาดตัวอักษร 4-10 พอยท์ จากเครื่องพิมพ์เลเซอร์ 300, 600 และ 508/1016 dpi และเครื่องสร้างภาพเลเซอร์ 625, 1270 และ 2540 dpi โดยศึกษาเปรียบเทียบตัวอักษรที่ได้จากเครื่องดังกล่าวกับตัวต้นฉบับออกแบบ ภาพพิมพ์ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ออฟเซตแบบป้อนม้วน โดยใช้ภาพจากเครื่องพิมพ์ทดสอบไปเป็นต้นฉบับทำฟิล์มและทำแม่พิมพ์ แล้วนำภาพจากเครื่องพิมพ์ทดสอบและเครื่องพิมพ์ออฟเซตมาซ้อนทับกับตัวต้นฉบับ

รูปที่ 2.7 ภาพเปรียบเทียบตัวอักษรที่เป็นต้นฉบับและตัวอักษรพิมพ์ด้วยระบบออฟเซต (ภาพจาก Ifra Special Report 2.1 หน้า 8)

ภาพที่ได้จากเลเซอร์อิมเมจเซ็ตเตอร์มีความกว้างดีกว่า ภาพจากเครื่องพิมพ์เลเซอร์และตัวอักษรที่พิมพ์ด้วยความละเอียด 600 dpi โดยรวมดีกว่าภาพพิมพ์ด้วยความละเอียด 300 dpi แต่ที่ 600 dpi และที่ละเอียดกว่านี้ ไม่เห็นความแตกต่างชัดเจน รวมทั้งการฟุ้งกระจายที่ขอบตัวอักษรทำให้กลบรอยหยักของการสร้างตัวอักษรจากพิกเซล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์และวัสดุ

3.1.1 อุปกรณ์

3.1.1.1 เครื่องพิมพ์ระบบอิเล็กทรอโฟโตกราฟี

(ก) เครื่องพิมพ์ Laser Writer Select 360, Apple Computer, Inc., California. USA

(ข) เครื่องพิมพ์ Laser Writer Pro 630, Apple Computer, Inc., California. USA

(ค) เครื่องพิมพ์ Laser A-a Writer 3G, Xante′ Corporation Innovations Inc. Printing Technology, Canada

3.1.1.2 เครื่องพิมพ์ระบบพ่นหมึก

(ก) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Pro, Seiko Epson Corporation, Nagano, Japan

(ข) เครื่องพิมพ์ Canon BJC-8500, Canon Inc., Tokyo, Japan

(ค) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Photo 700, Seiko Epson Corporation, Nagano, Japan

3.1.1.3 เครื่องสร้างภาพ

Linotonic260 Linotype-Hell AG, Anwenderdokumentation, Eschborn, Germany

3.1.1.4 เครื่องมือวัดคุณภาพตัวพิมพ์อักษร

(ก) เครื่อง Microdensitometer Konica PDM –7, Konica Corporation, Japan โดยใช้โปรแกรม Labview version 2.5 ซึ่งอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ Macintosh รุ่น G3 ,Apple Computer Inc., Cuperpino, California. USA

(ข) กล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo, Olympus Nireco Corporation, Japan

3.1.2 วัสดุ

กระดาษ

(ก) กระดาษพิมพ์ชนิดไม่เคลือบผิว Sb กระดาษปอนด์ A4 80 แกรม, บริษัทสมบูรณ์ เอส.บี. จำกัด, กรุงเทพ, ประเทศไทย

(ข) กระดาษโบร์ไมด์ PD-100 WP Laser Paper, Fuji Photo Film co., LTD., Tokyo. Japan

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

3.2.1 เลือกแบบอักษรภาษาไทย

แบบอักษรที่ใช้ CU Tom light โดยเลือกตัวอักษร ก ฎ ฏ ถ ข ฆ ค ศ ด ศ ษ ฝ พ ม ฉ จ ร ท ย ส กำหนดขนาดตัวอักษร 8 10 12 16 18 20 และ 24 พอยต์ และออกแบบแผ่นทดสอบด้วยโปรแกรม PageMaker 6.5

3.2.2 พิมพ์ตัวอักษรที่กำหนดในข้อ 3.2.1 ด้วยเครื่องพิมพ์ประเภทต่าง ๆ ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ประเภทเครื่องพิมพ์และค่าความละเอียดที่ใช้ในการพิมพ์

ชนิดเครื่องพิมพ์	ระบบ	ความละเอียด (dpi)
1. Laser Writer Select 360	อิเล็กทรอโฟโตกราฟี	300
2. Laser Writer Pro 630	อิเล็กทรอโฟโตกราฟี	600
3. Laser A-a Writer 3G	อิเล็กทรอโฟโตกราฟี	1200
4. Epson Stylus Pro	พ่นหมึก	360
5. Canon BJC-8500	พ่นหมึก	720
6. Epson Stylus Photo 700	พ่นหมึก	1440
7. Linotonic260 Linotype-Hell AG	เครื่องสร้างภาพแบบฉายแสง	1200

3.2.3 นำแผ่นทดสอบที่พิมพ์ได้จากข้อ 3.2.2 มาวัดคุณภาพด้วยเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์ โดย วิเคราะห์ตัวอักษร ถ ข ด และพ ที่ขนาดตัวอักษร 10 16 และ 20 พอยต์ โดยวิเคราะห์ความกว้างของ

เส้น ความดำตัวอักษร ความขรุขระของขอบตัวอักษร และหัวตัวของอักษร จากนั้นเปรียบเทียบข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยทางสถิติ

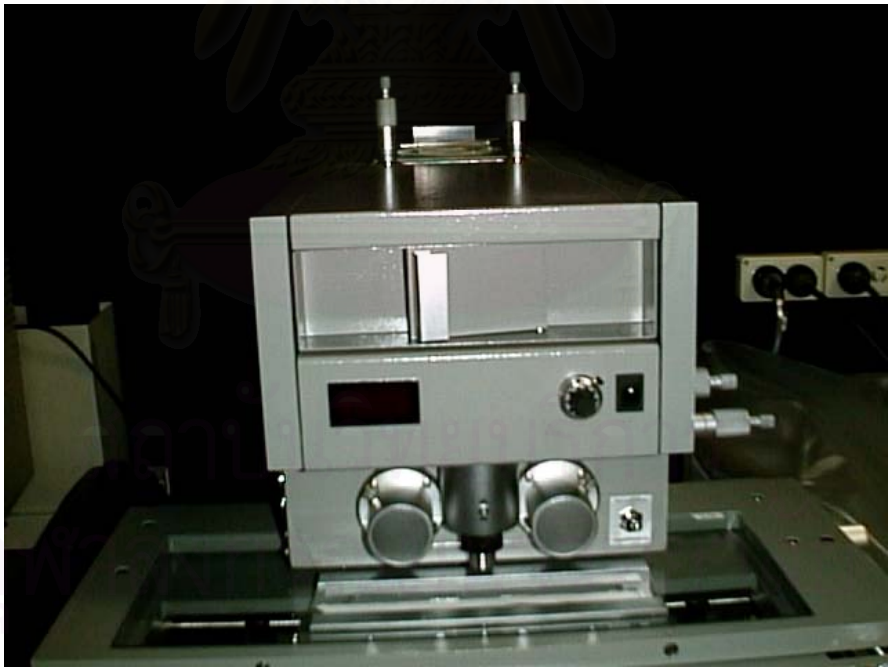
3.2.4 นำแผ่นทดสอบที่พิมพ์ได้จากข้อ 3.2.2 นำไปวิเคราะห์โดยใช้ผู้สังเกตการณ์ ซึ่งมีอาชีพเตรียมก่อนพิมพ์จำนวน 20 คน โดยสังเกตคุณภาพตัวอักษรที่ ตัวบวม หัวตัน และอ่านออก จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มโดยใช้สถิติ T-test

3.3 รายละเอียดการทดลอง

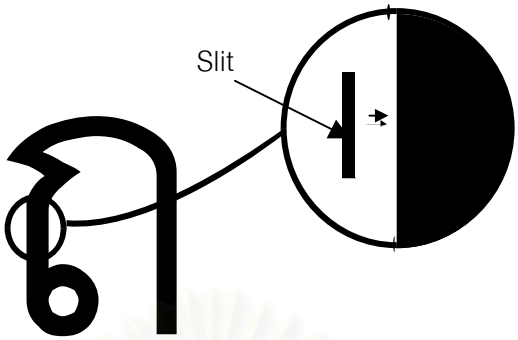
3.3.1 แผ่นทดสอบ

นำแผ่นทดสอบที่พิมพ์ได้จากข้อ 3.2.3 มาวัดคุณภาพด้วยเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์ โดยวิเคราะห์ตัวอักษร ถ ข ด และพ ที่ขนาดตัวอักษร 10 16 และ 20 พอยต์

3.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพตัวพิมพ์อักษรด้วยเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์



รูปที่ 3.1 เครื่องมือวัดไมโครเดนซิโตมิเตอร์



รูปที่ 3.2 วิธีการวัดความกว้างเส้นตัวอักษรด้วยเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์

3.3.2.1 วิเคราะห์ความกว้างเส้นตัวอักษร

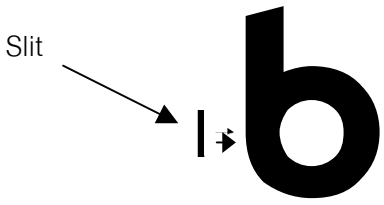
(ก) ปรับขนาด slit ของเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์ให้มีความกว้าง 0.226 ไมโครเมตร และสูง 116 ไมโครเมตรเมตร เลือกใช้โปรแกรม Wiener Spectum VI โดยกำหนดตำแหน่งที่วัด 300 ตำแหน่ง ความถี่ในการวัด 40 ตำแหน่งต่อวินาที ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแท่นแก้ว 100 ไมโครเมตรต่อวินาที (ซึ่งสัมพันธ์กับปุ่มปรับเลือกความเร็วในการเลื่อนของแท่นแก้ว) การกำหนดดังกล่าวมีผลให้ไมโครเดนซิโตมิเตอร์มีความสามารถในการกราดภาพด้วยระยะความกว้าง 2.5 ไมโครเมตรต่อหนึ่งครั้ง และได้ระยะทางในการการดทั้งหมด 0.8 มิลลิเมตร

(ข) วางแผ่นทดสอบที่พิมพ์ด้วยกระดาษโบรไมด์จากเครื่องฉายแสงวางบนแท่นแก้ว โดยวางในแนวตั้ง เลือกแสงแบบ Flood จากปุ่มปรับเลือกแสงแบบ Reflection ในขณะที่มองจากจอภาพ ทำการวางตำแหน่งเริ่มต้นของการกราด โดยเลื่อน Slit ไปที่ตัวอักษร “ถ” บริเวณด้านหน้าซึ่งเป็นเส้นตรงปรับความคมชัด การวางตำแหน่งของ Slit ควรอยู่ตรงกลางของเส้นตัดขวางบนจอภาพ

(ค) ปรับตั้งค่าศูนย์ (ในช่องความดำ) ที่ตำแหน่งพื้นด้านหลังใกล้จุดวัดตัวอักษร

(ง) ทำการวัดตัวอักษรโดยเลือก Run ที่โปรแกรม Wiener บนเครื่องคอมพิวเตอร์ และเลือก Acquire พร้อมกับผลักสวิตช์ให้แท่นแก้วเลื่อนไปข้างหน้า เมื่ออ่านจบดึงสวิตช์กลับตำแหน่งเดิม และบันทึกการเปลี่ยนแปลง

(จ) นำแผ่นทดสอบที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ต่าง ๆ ดังในตาราง 3.1 มาวัดความกว้างตัวอักษรด้วยวิธีดังที่กล่าวมาจนครบทุกเครื่องพิมพ์และทุกขนาดตัวอักษร



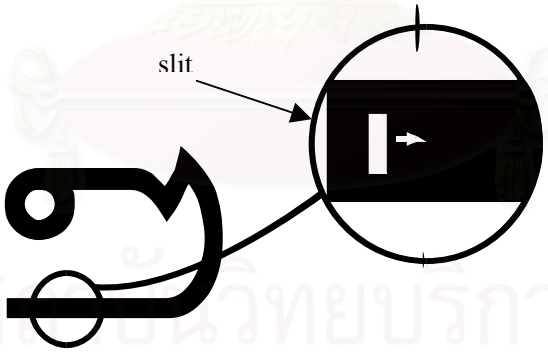
รูปที่ 3.3 วิธีการวัดหัวตัวอักษรด้วยเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์

3.3.2.2 การวิเคราะห์หัวตัวอักษร

(ก) ปฏิบัติเหมือนข้อ 3.2.2.1 (ก)

(ข) ทำการวัดหัวตัวอักษรโดยเลื่อน Slit ไปวางไว้ใกล้ๆ บริเวณที่ต้องการวัดหัวตัวอักษร “ถ” วัดเฉพาะขนาดตัวอักษร 10 พอยต์ และปฏิบัติเหมือนข้อ 3.2.2.1 (ค)-(จ)

(ค) สำหรับตัวอักษรขนาด 16 และ20 พอยต์ วัดโดยกำหนดปริมาณตำแหน่งวัด 300 ตำแหน่ง ความถี่ในการวัด 50 ตำแหน่งต่อวินาที ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแท่นแก้ว 200 ไมโครเมตรต่อวินาที การกำหนดดังกล่าว มีผลให้ไมโครเดนซิโตมิเตอร์มีความสามารถในการกราดภาพระยะความกว้าง 4 ไมโครเมตรต่อ 1 ครั้ง และได้ระยะทางในการกราดทั้งหมด 1.2 มิลลิเมตร



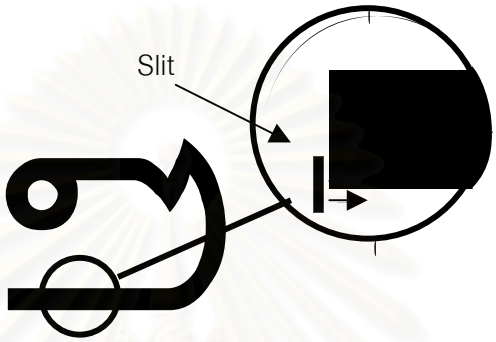
รูปที่ 3.4 วิธีการวัดความดำตัวอักษรด้วยเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์

3.3.2.3 การวิเคราะห์ความดำตัวอักษร

(ก) ปฏิบัติเหมือนข้อ 3.2.2.1 (ก) แต่วางแผ่นตัวอย่างบนแท่นแก้วตามแนวนอน

(ข) ทำการวัดความดำตัวอักษรโดยเลื่อน Slit ไปไว้ในบริเวณที่ต้องการวัดบนตัวอักษร “ถ” (บริเวณขาด้านหลัง) วัดเฉพาะขนาดตัวอักษร 10 และ16 พอยต์ และปฏิบัติเหมือนข้อ 3.2.2.1 (ค)-(จ)

(ค) สำหรับตัวอักษรขนาด 20 พอยต์ วัดโดยกำหนดปริมาณตำแหน่งวัด 300 ตำแหน่ง ความถี่ในการวัด 30 ตำแหน่งต่อวินาที ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแท่นแก้ว 100 ไมโครเมตรต่อวินาที การกำหนดดังกล่าว มีผลให้ไมโครเดนซิโตมิเตอร์มีความสามารถในการกราดภาพระยะความกว้าง 3.33 ไมโครเมตรต่อ 1 ครั้ง และได้ระยะทางในการกราดทั้งหมด 1มิลลิเมตร



รูปที่ 3.5 วิธีการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษรด้วยเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์

3.3.2.4 การวิเคราะห์ความขรุขระของขอบตัวอักษร

(ก) ปฏิบัติเหมือนข้อ 3.2.2.1 (ก) แต่วางแผ่นตัวอย่างบนแท่นแก้วตามแนวนอนและวัดความดำบริเวณขอบตัวอักษร โดยเลื่อน Slit คร่อมบนพื้นขาวและพื้นความดำตัวอักษร

(ข) ทำการวัดเช่นเดียวกับข้อ 3.3.2.3 (ข)-(ค)

(ค) ปฏิบัติเหมือนข้อ 3.2.2.1 (ค)-(จ)

3.3.3 วิเคราะห์คุณภาพตัวพิมพ์อักษรไทยโดยผู้สังเกตการณ์

3.3.3.1 ออกแบบแผ่นทดสอบโดยใช้แบบอักษร CU Tom light เลือกตัวอักษร ก ฎ ฏ ถ ข ฃ ค ฅ ด ศ ษ ฝ พ ม ฉ จ ร ท ย ส กำหนดขนาดตัวอักษรเป็น 8 10 12 16 18 20 และ 24 พอยต์ โดยพิมพ์จากเครื่องอิเล็กทรอโฟโตกราฟี ความละเอียด 300 600 และ 1200 dpi และเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ที่มีความละเอียด 360 720 และ 1440 dpi นำไปให้ผู้สังเกตการณ์ซึ่งมีอาชีพเตรียมก่อนพิมพ์ จำนวน 20 คน ตอบแบบสอบถาม โดยสังเกตคุณภาพตัวอักษรที่ ตัวบวม หัวตัน และอ่านออก จากแผ่นทดสอบเปรียบเทียบกับที่พิมพ์ได้จากเครื่องพิมพ์สร้างภาพ

3.3.3.2 กำหนดคะแนนคุณภาพตัวอักษร ดังตารางที่ 3.2

3.3.3.3 รวบรวมข้อมูลและหาคะแนนที่ผู้สังเกตการณ์ให้กับคุณภาพตัวอักษร โดยคำนวณจากคะแนนที่ให้คูณกับจำนวนผู้สังเกตการณ์ที่ให้คะแนนนั้น ๆ

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างตารางการให้คะแนนคุณภาพตัวอักษรในลักษณะตัวบวม หัวตัน และอ่านออก

คุณภาพตัวอักษร	คะแนน	ตัวบวม	หัวตัน	คุณภาพตัวอักษร	คะแนน	อ่านออก
1. มากที่สุด	1			1. มากที่สุด	5	
2. มาก	2			2. มาก	4	
3. ปานกลาง	3			3. ปานกลาง	3	
4. ไม่มาก	4			4. ไม่มาก	2	
5. ไม่เลย	5			5. ไม่เลย	1	

3.3.3.4 หาค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ให้กับคุณภาพตัวอักษรทั้ง 3 (ตัวบวม หัวตัน อ่านออก) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.3.5 วิเคราะห์คุณภาพตัวอักษรจากค่าเฉลี่ยที่ได้ในข้อ 3.3.3.4

3.3.3.6 ใช้สถิติ T-test เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและเครื่องพิมพ์พ่นหมึก โดยเปรียบเทียบเครื่องพิมพ์เป็นคู่ ๆ ดังนี้

(ก) เครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี 300 dpi และเครื่องพิมพ์พ่นหมึก 360 dpi

(ข) เครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี 600 dpi และเครื่องพิมพ์พ่นหมึก 720 dpi

(ค) เครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี 1200 dpi และเครื่องพิมพ์พ่นหมึก 1440 dpi

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างแผ่นสอบถามคุณภาพตัวอักษร

ชื่อ-นามสกุล..... สำนักพิมพ์.....

เครื่องพิมพ์ A

คุณภาพตัวอักษร	ขนาดตัวอักษร (พอยต์) และลักษณะตัวอักษณะ																				
	8			10			12			16			18			20			24		
	ตัวบวม	หัวตัน	อ่านออก	ตัวบวม	หัวตัน	อ่านออก	ตัวบวม	หัวตัน	อ่านออก	ตัวบวม	หัวตัน	อ่านออก	ตัวบวม	หัวตัน	อ่านออก	ตัวบวม	หัวตัน	อ่านออก	ตัวบวม	หัวตัน	อ่านออก
เครื่องพิมพ์ A1																					
1. มากที่สุด																					
2. มาก																					
3. ปานกลาง																					
4. ไม่มาก																					
5. ไม่เลย																					
เครื่องพิมพ์ A2																					
1. มากที่สุด																					
2. มาก																					
3. ปานกลาง																					
4. ไม่มาก																					
5. ไม่เลย																					
เครื่องพิมพ์ A3																					
1. มากที่สุด																					
2. มาก																					
3. ปานกลาง																					
4. ไม่มาก																					
5. ไม่เลย																					

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างแผ่นสอบถามคุณภาพตัวอักษร

ชื่อ-นามสกุล..... สำนักพิมพ์.....

เครื่องพิมพ์ B

คุณภาพตัวอักษร	ขนาดตัวอักษร (พอยต์) และลักษณะตัวอักษณะ																				
	8			10			12			16			18			20			24		
	ตัวบวม	หัวตัน	อ่านออก	ตัวบวม	หัวตัน	อ่านออก	ตัวบวม	หัวตัน	อ่านออก	ตัวบวม	หัวตัน	อ่านออก	ตัวบวม	หัวตัน	อ่านออก	ตัวบวม	หัวตัน	อ่านออก	ตัวบวม	หัวตัน	อ่านออก
เครื่องพิมพ์ B1																					
1. มากที่สุด																					
2. มาก																					
3. ปานกลาง																					
4. ไม่มาก																					
5. ไม่เลย																					
เครื่องพิมพ์ B2																					
1. มากที่สุด																					
2. มาก																					
3. ปานกลาง																					
4. ไม่มาก																					
5. ไม่เลย																					
เครื่องพิมพ์ B3																					
1. มากที่สุด																					
2. มาก																					
3. ปานกลาง																					
4. ไม่มาก																					
5. ไม่เลย																					

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Font : CU Tomlight Size : 8 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : LaserWriter Selec Resolusion : 300 dpi

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 10 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : LaserWriter Selec Resolusion : 300 dpi

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 12 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : LaserWriter Selec Resolusion : 300 dpi

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 16 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : LaserWriter Selec Resolusion : 300 dpi

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 18 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Laser Writer Selec Resolusion : 300 dpi

ก ฎ ฏ ถ – ข ช – ค ฅ ด ศ – ษ – ฝ พ ม – ฉ จ ฐ ร ท ย ส

ก ฎ ฏ ถ – ข ช – ค ฅ ด ศ – ษ – ฝ พ ม – ฉ จ ฐ ร ท ย ส

Font : CU Tomlight Size : 20 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Laser Writer Selec Resolusion : 300 dpi

ก ฎ ฏ ถ – ข ช – ค ฅ ด ศ – ษ – ฝ พ ม – ฉ จ ฐ ร ท ย ส

ก ฎ ฏ ถ – ข ช – ค ฅ ด ศ – ษ – ฝ พ ม – ฉ จ ฐ ร ท ย ส

Font : CU Tomlight Size : 24 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Laser Writer Selec Resolusion : 300 dpi

ก ฎ ฏ ถ – ข ช – ค ฅ ด ศ – ษ – ฝ พ ม – ฉ จ ฐ ร ท ย ส

ก ฎ ฏ ถ – ข ช – ค ฅ ด ศ – ษ – ฝ พ ม – ฉ จ ฐ ร ท ย ส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

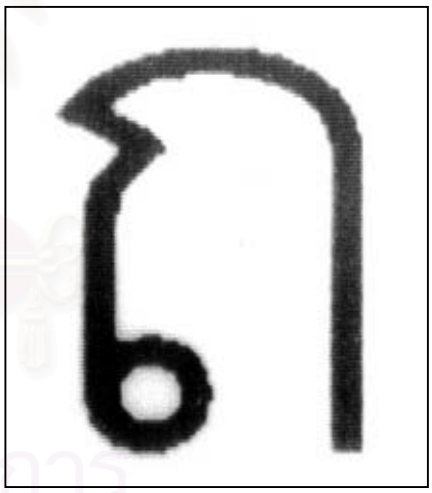
4.1 การวิเคราะห์ตัวอักษรไทยโดยใช้เครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์

4.1.1 ความดำตัวอักษร

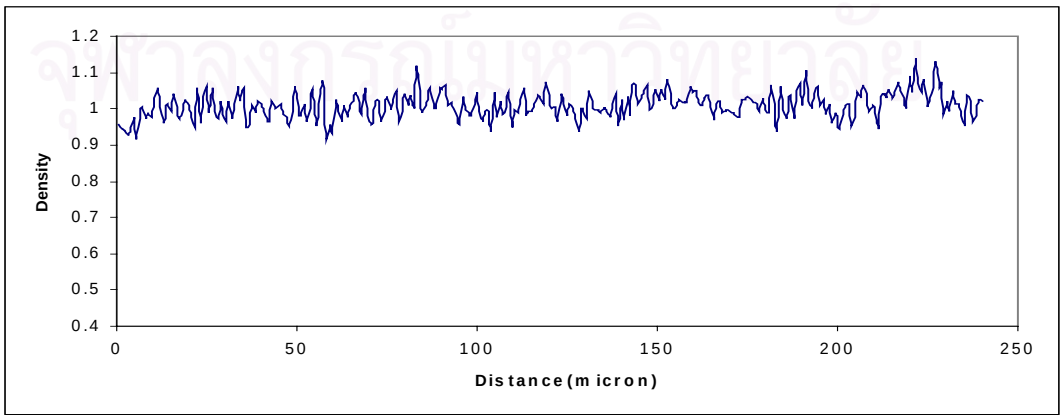
คุณภาพตัวอักษรไทยเมื่อพิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ความละเอียด 300 600 และ 1200 dpi และเครื่องพิมพ์พ่นหมึกความละเอียด 360 720 และ 1440 dpi

เตรียมแผ่นตัวอย่างที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและเครื่องพิมพ์พ่นหมึก วิเคราะห์ความดำตัวอักษรขนาดตัวอักษร 10 16 และ 20 พอยต์

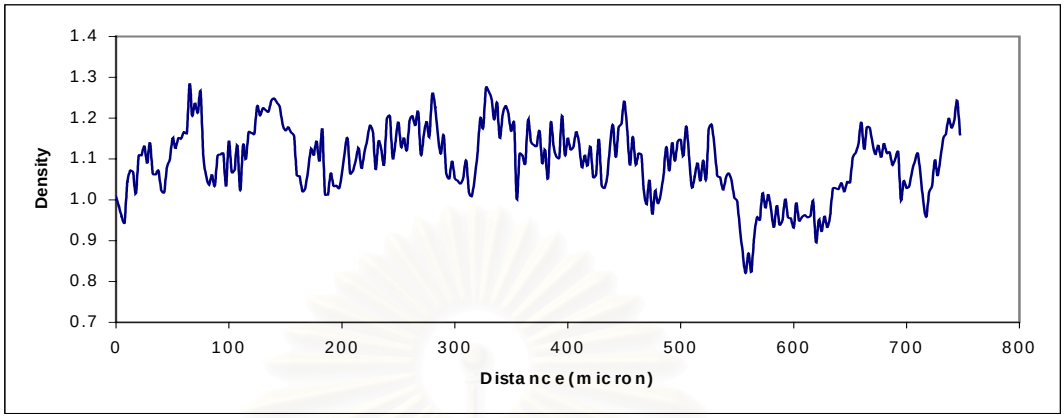
(ก) ตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์



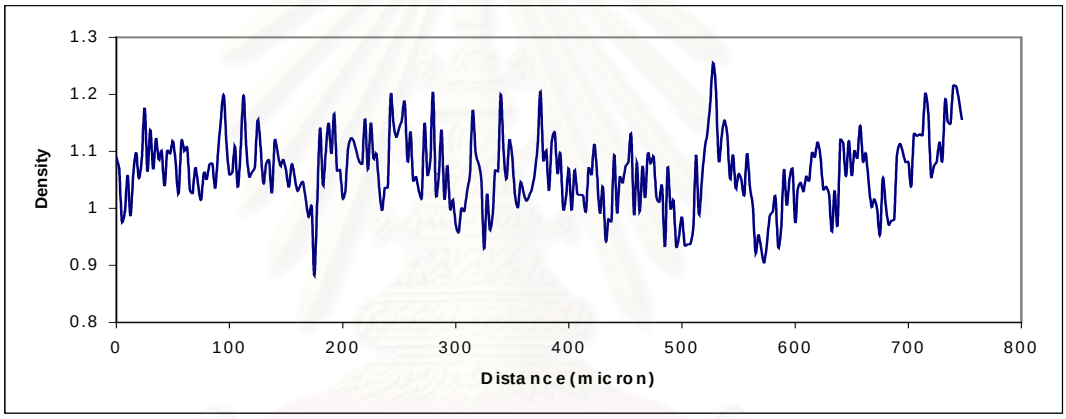
รูปที่ 4.1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสง ความละเอียด 1200 dpi ใช้กำลังขยาย (1.5 x 3 เท่า)



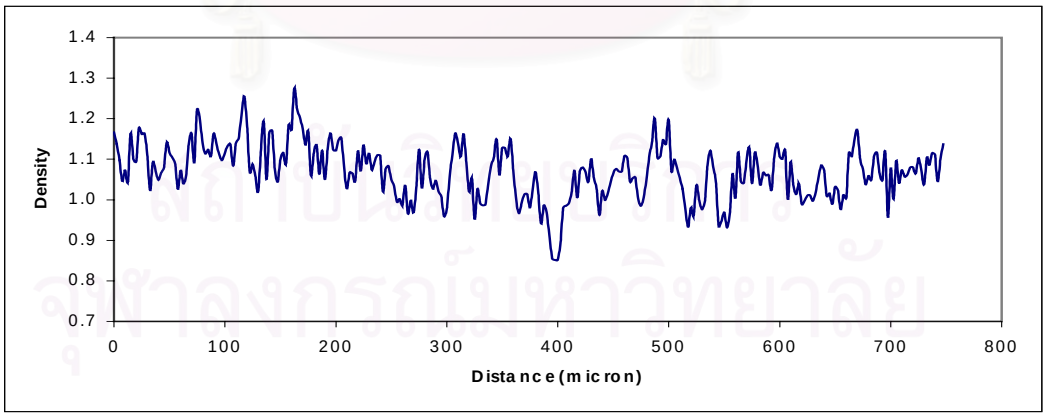
รูปที่ 4.2 ผลการวัดความดำ จากเครื่องสร้างภาพ ความละเอียด 1200 dpi



(ก) เครื่องพิมพ์ laser Writer Select 360 ความละเอียด 300 dpi

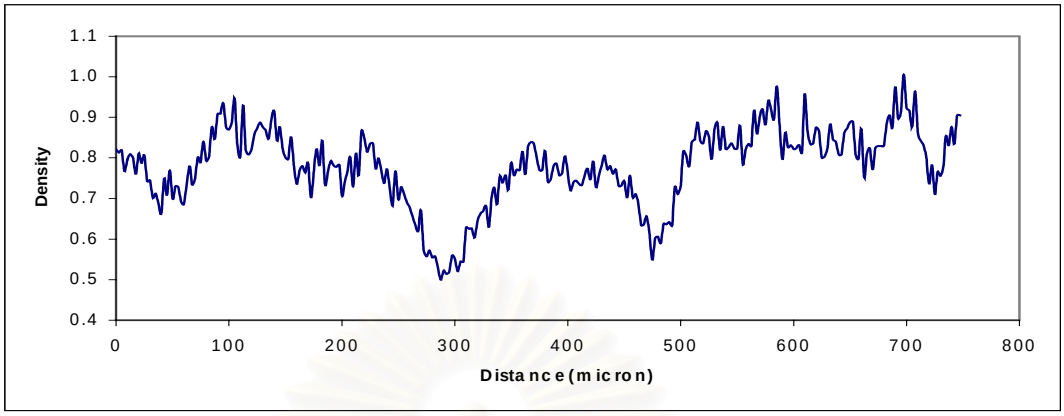


(ข) เครื่องพิมพ์ Laser Writer Pro 630 ความละเอียด 600 dpi

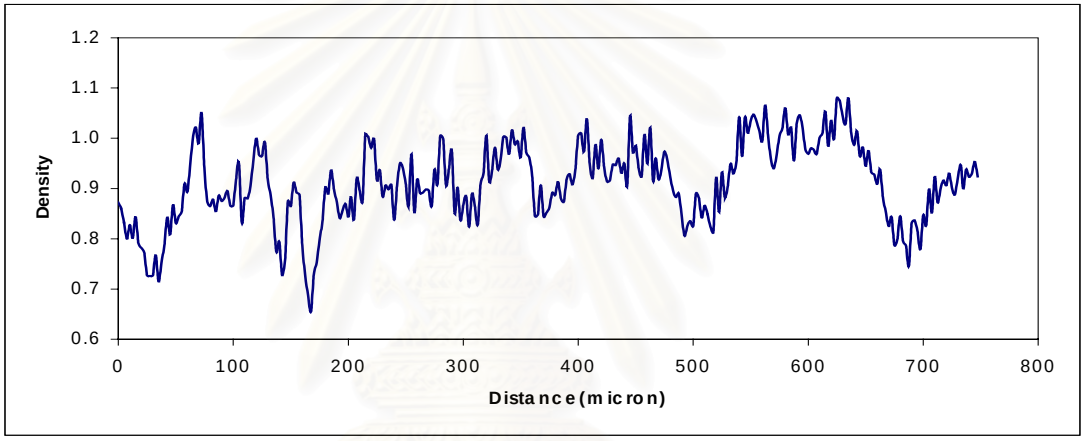


(ค) เครื่องพิมพ์ A-a Writer 3G, Xante′ ความละเอียด 1200 dpi

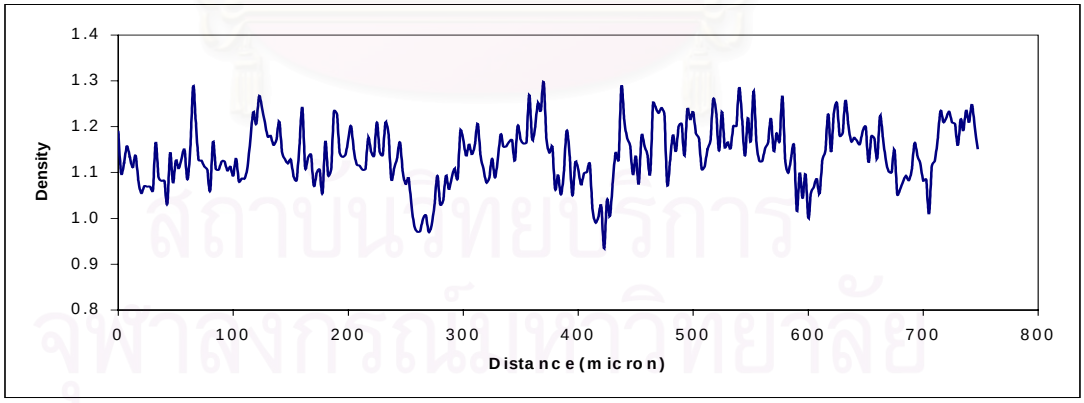
รูปที่ 4.3 ผลการวัดความดำตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน



(ก) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Pro ความละเอียด 360 dpi



(ข) เครื่องพิมพ์ Canon BJC-8500 ความละเอียด 720 dpi

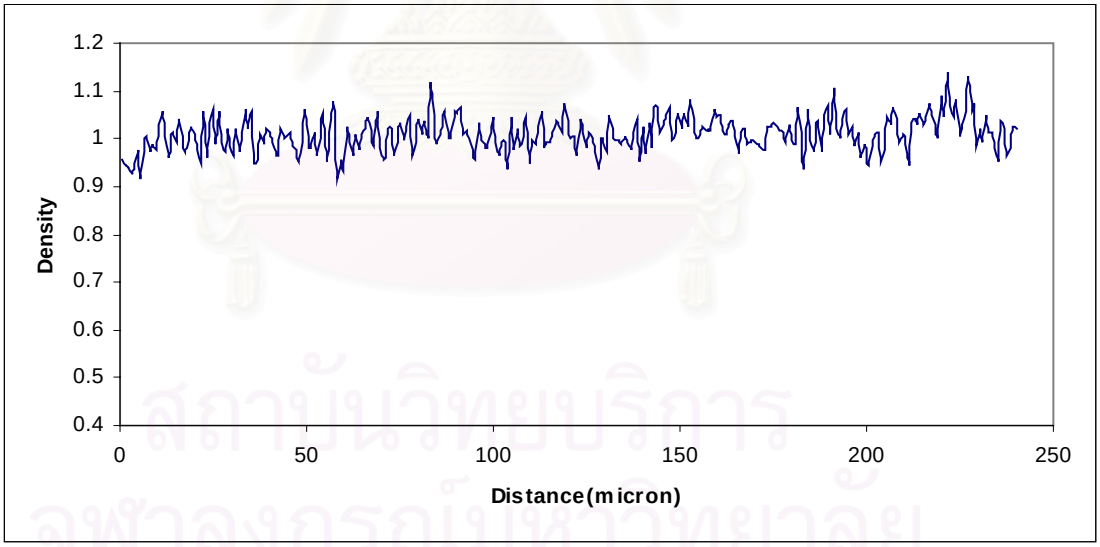


(ค) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Photo 700 ความละเอียด 1440 dpi

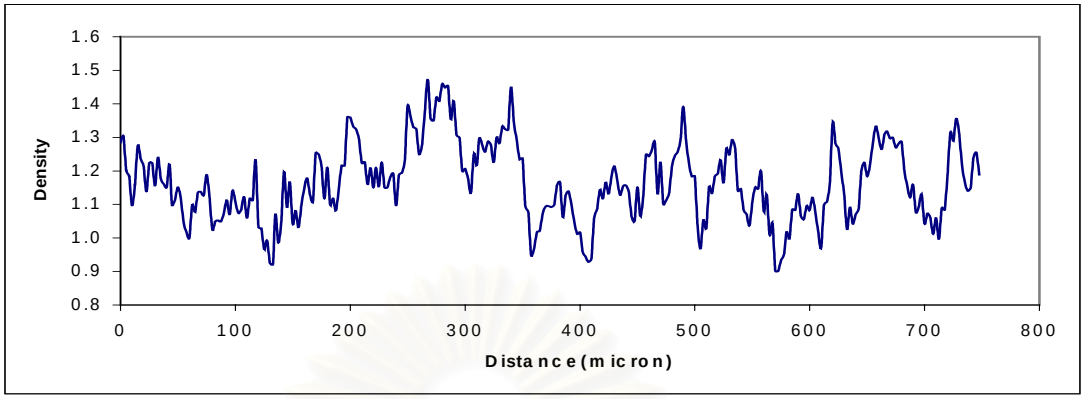
รูปที่ 4.4 ผลการวัดความดำตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ที่ความละเอียดต่างกัน

(ข) ตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์

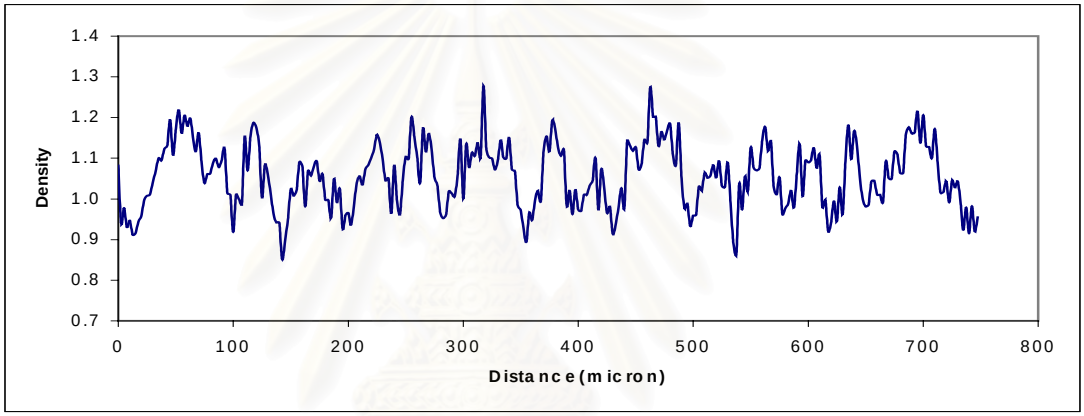
รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสง ความละเอียด 1200 dpi ใช้กำลังขยาย (1.5 x 2 เท่า)



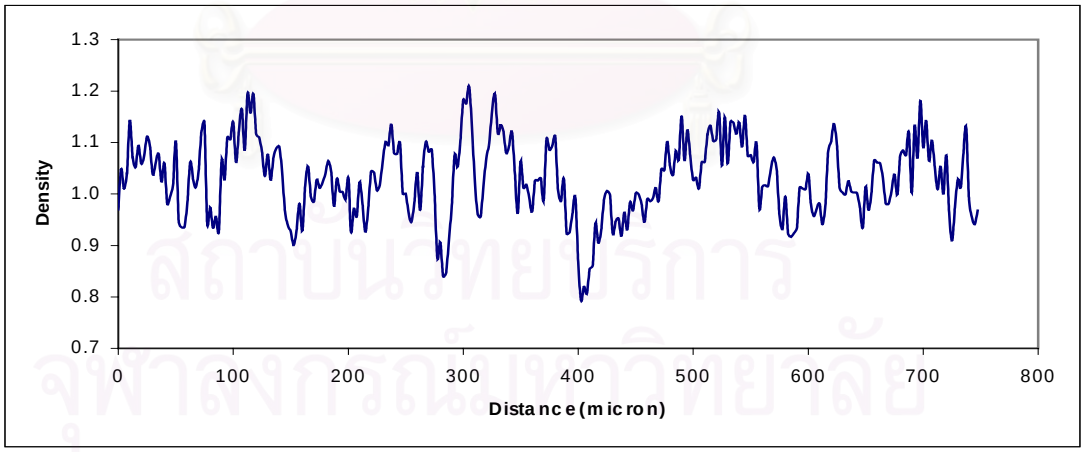
รูปที่ 4.6 การวัดความดำของตัวอักษรที่พิมพ์จากเครื่องสร้างภาพความละเอียด 1200 dpi



(ก) เครื่องพิมพ์ laser Writer Select 360 ความละเอียด 300 dpi

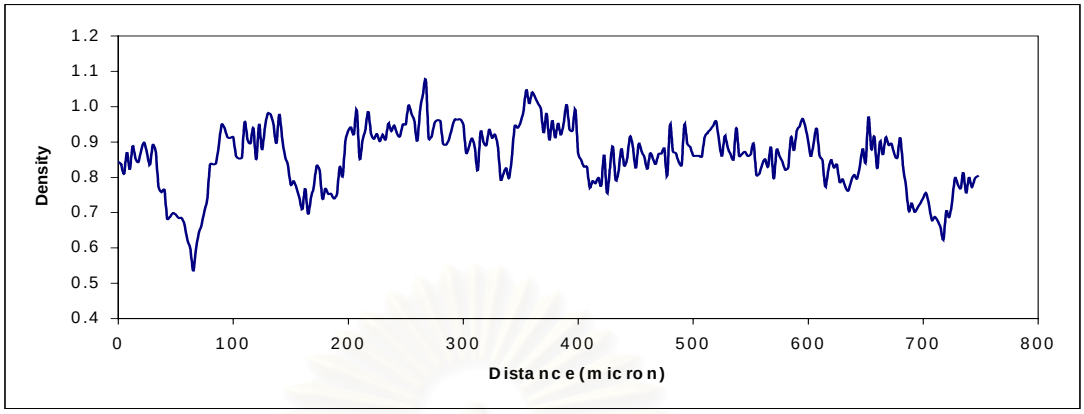


(ข) เครื่องพิมพ์ Laser Writer Pro 630 ความละเอียด 600 dpi

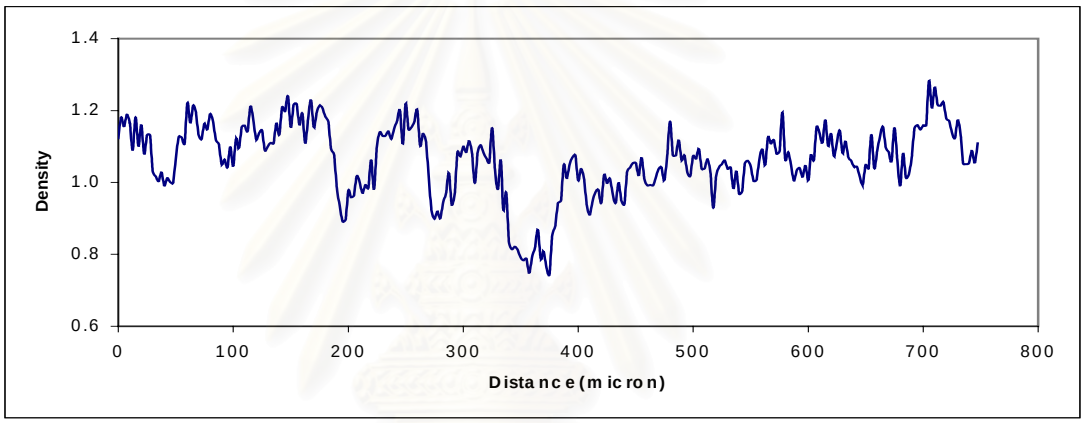


(ค) เครื่องพิมพ์ A-a Writer 3G, Xante′ ความละเอียด 1200 dpi

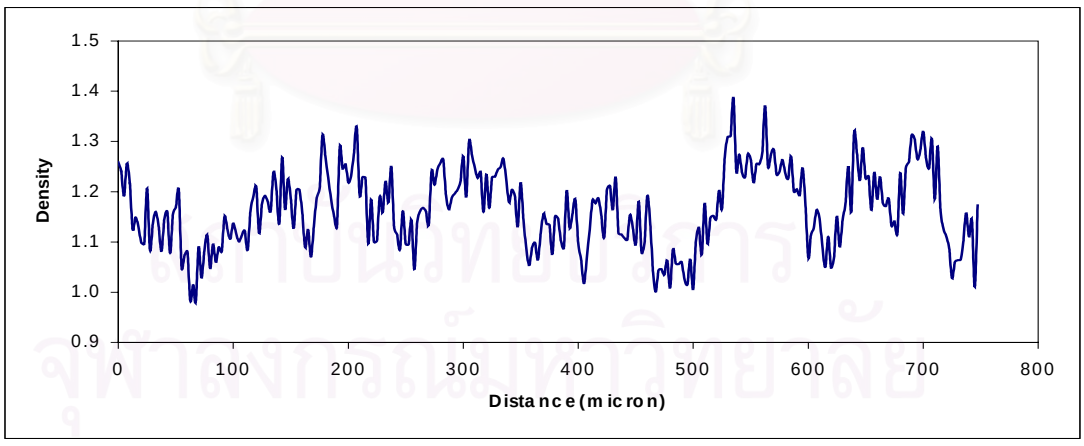
รูปที่ 4. 7 ผลการวัดความดำตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน



(ก) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Pro ความละเอียด 360 dpi



(ข) เครื่องพิมพ์ Canon BJC-8500 ความละเอียด 720 dpi

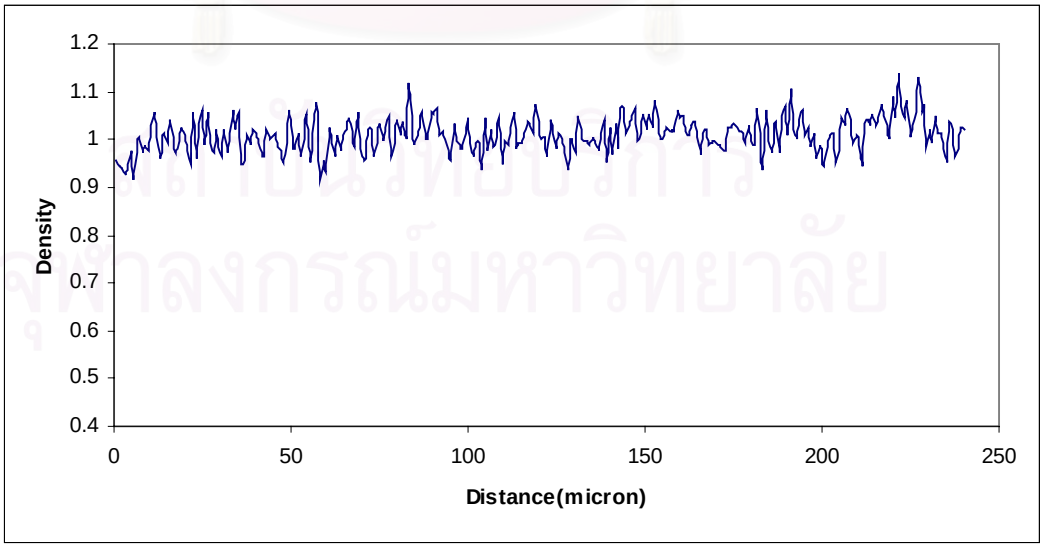


(ค) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Photo 700 ความละเอียด 1440 dpi

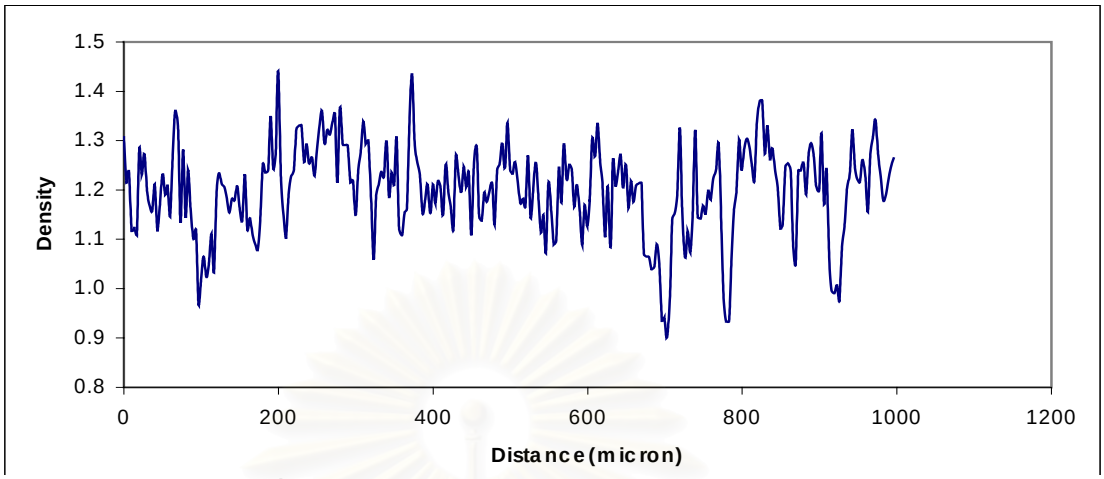
รูปที่ 4.8 ผลการวัดความดำตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ที่ความละเอียดต่างกัน

(ค) ตัวอักษรขนาด 20 พอยต์

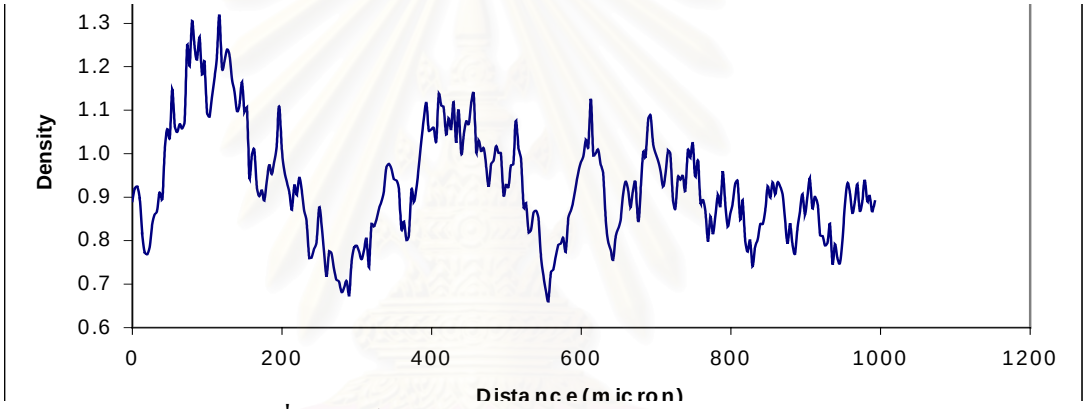
รูปที่ 4.9 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสง ความละเอียด 1200 dpi ใช้กำลังขยาย (1.5 x 1.5 เท่า)



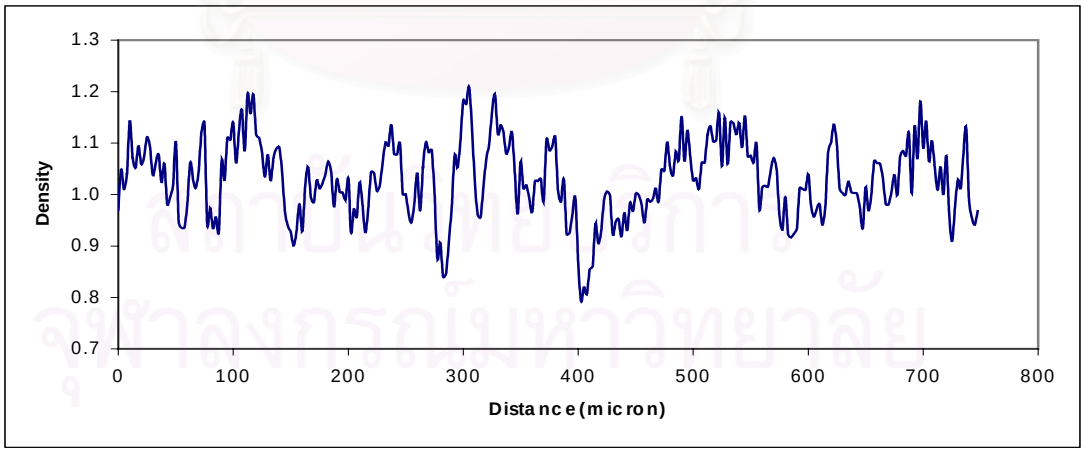
รูปที่ 4.10 การวัดความดำของตัวอักษรที่พิมพ์จากเครื่องสร้างภาพความละเอียด 1200 dpi



(ก) เครื่องพิมพ์ laser Writer Select 360 ความละเอียด 300 dpi

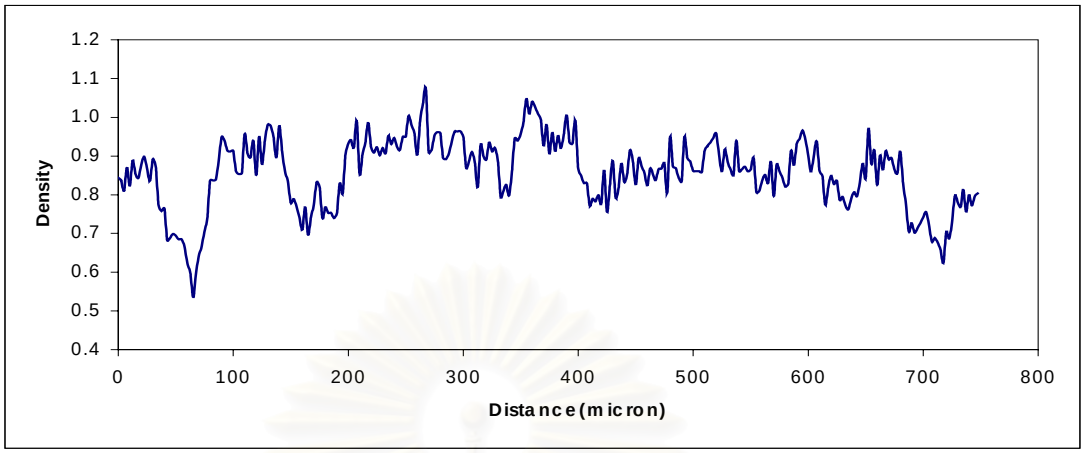


(ข) เครื่องพิมพ์ Laser Writer Pro 630 ความละเอียด 600 dpi

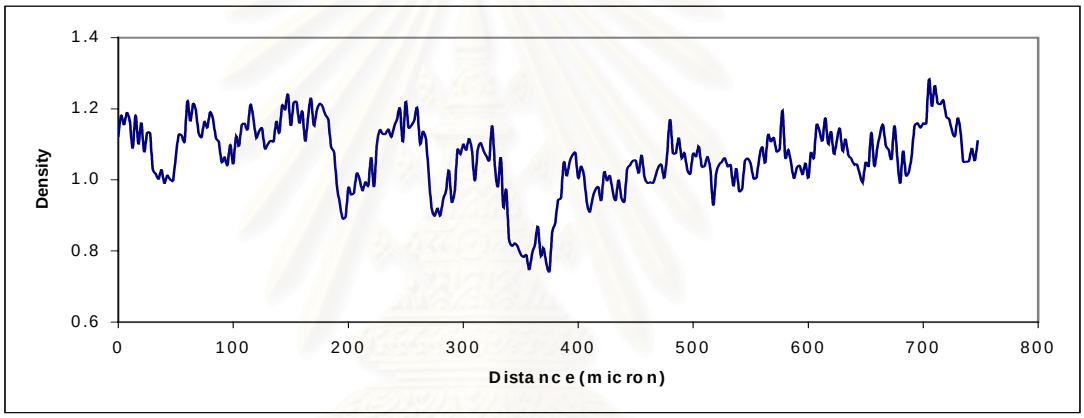


(ค) เครื่องพิมพ์ A-a Writer 3G, Xante′ ความละเอียด 1200 dpi

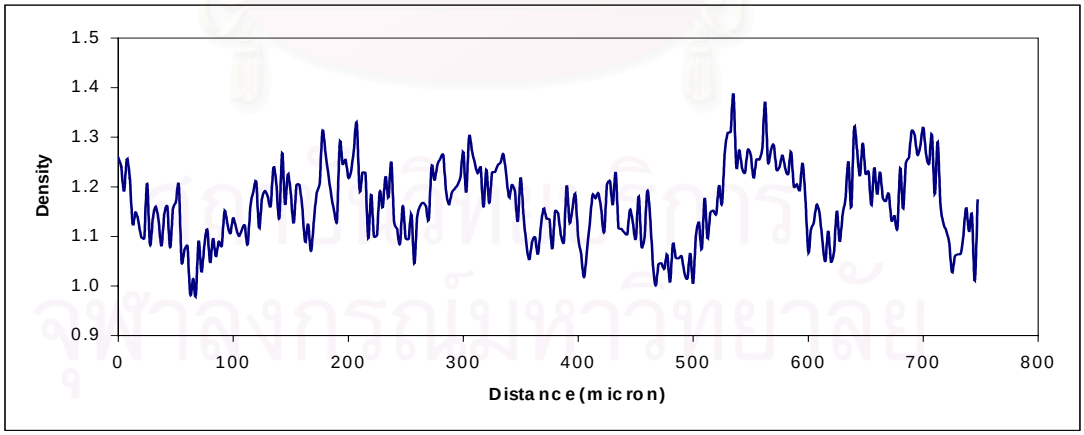
รูปที่ 4. 11 ผลการวัดความดำตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน



(ก) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Pro ความละเอียด 360 dpi



(ข) เครื่องพิมพ์ Canon BJC-8500 ความละเอียด 720 dpi



(ค) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Photo 700 ความละเอียด 1440 dpi

รูปที่ 4.12 ผลการวัดความดำตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ความละเอียดต่างกัน

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ความดำตัวอักษร ถ ข ด และ พ ขนาด 10 พอยต์ จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี เครื่องพิมพ์พ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพ ของตัวอักษร

ชนิดเครื่องพิมพ์	ความดำตัวอักษร							
	ถ		ข		ด		พ	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
laser Writer Select 360	1.09	0.09	1.04	0.08	1.07	0.08	1.10	0.08
Laser Writer Pro 630	1.06	0.06	1.12	0.07	1.07	0.07	1.11	0.07
A-a Writer 3G,	1.07	0.07	1.06	0.07	1.02	0.08	1.10	0.07
Epson Stylus Pro	0.91	0.10	0.84	0.10	0.78	0.15	0.86	0.10
Canon BJC-8500	0.91	0.08	0.92	0.08	0.95	0.08	0.86	0.08
Epson Stylus Photo 700	1.14	0.07	1.11	0.08	1.16	0.09	1.11	0.08
Linotype-Hell AG	1.06	0.04	1.01	0.04	0.96	0.04	1.11	0.04

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความดำตัวอักษร ถ ข ด และ พ ขนาด 16 พอยต์ จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี เครื่องพิมพ์พ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพ

ชนิดเครื่องพิมพ์	ความดำตัวอักษร							
	ถ		ข		ด		พ	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
laser Writer Select 360	1.16	0.11	1.15	0.11	1.14	0.10	1.18	0.09
Laser Writer Pro 630	1.06	0.08	1.09	0.09	1.09	0.09	1.09	0.11
A-a Writer 3G,	1.03	0.07	1.10	0.07	1.12	0.06	1.08	0.08
Epson Stylus Pro	0.86	0.09	0.86	0.05	0.85	0.07	0.84	0.07
Canon BJC-8500	1.06	0.10	0.94	0.09	0.98	0.11	1.01	0.07
Epson Stylus Photo 700	1.16	0.08	1.16	0.10	1.20	0.08	1.16	0.09
Linotype-Hell AG	1.06	0.04	1.01	0.04	0.96	0.04	1.11	0.09

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความดำตัวอักษร ถ ข ด และ พ ขนาด 10 พอยต์ จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี เครื่องพิมพ์พ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพ ของตัวอักษร

ชนิด เครื่องพิมพ์	ความดำตัวอักษร							
	ถ		ข		ด		พ	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
laser Writer Select 360	1.20	0.09	1.16	0.11	1.23	0.10	1.21	0.12
Laser Writer Pro 630	1.12	0.08	1.10	0.08	1.14	0.07	1.09	0.08
A-a Writer 3G,	1.10	0.09	1.13	0.07	1.14	0.08	1.18	0.08
Epson Stylus Pro	0.83	0.08	0.89	0.06	0.86	0.08	0.78	0.06
Canon BJC-8500	1.08	0.11	1.07	0.08	1.04	0.08	1.10	0.08
Epson Stylus Photo 700	1.15	0.10	1.10	0.08	1.19	0.10	1.10	0.08
Linotype-Hell AG	1.06	0.04	1.01	0.04	0.96	0.04	1.11	0.09

จากตารางทั้งหมดพบว่าค่าความดำเฉลี่ย ของผลที่ได้จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี

1. ความดำของตัวอักษรแบบเดียวกันแต่ขนาดตัวอักษรต่างกัน ค่าความดำที่ได้จะไม่แตกต่างกัน

2. ความดำในโครงสร้างตัวอักษรต่างกันความดำในเครื่องพิมพ์เดียวกันไม่ต่างกัน

3. เครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีทั้ง 3 เครื่องที่มีความแตกต่างกันของความละเอียด โครงสร้างตัวอักษรต่างกัน ขนาดตัวอักษรต่างกันแต่ความดำที่วัดได้อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน พิสัยของตัวทดสอบของเครื่องอิเล็กทรอโฟโตกราฟีอยู่ระหว่าง 1.02 และ 1.23 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.06 และ 0.11

ความดำเฉลี่ยของผลที่ได้จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก

1. ความดำของตัวอักษรแบบเดียวกันแต่ขนาดตัวอักษรต่างกัน ค่าความดำที่ได้จะไม่แตากต่างกัน

2. ความดำในโครงสร้างตัวอักษรต่างกัน ความดำในเครื่องพิมพ์เดียวกันไม่ต่างกัน

3. เครื่องพิมพ์พ่นหมึกทั้ง 3 เครื่องมีความแตกต่างกันของความละเอียด ผลความดำของเครื่องพิมพ์พ่นหมึก Epson Stylus Pro มีค่าความดำเฉลี่ยที่ 0.78 และ 0.91 ซึ่งต่ำกว่าเครื่องพิมพ์

Canon BJC-8500 มีค่าความดำเฉลี่ย 0.86 และ 1.10 และเครื่องพิมพ์ Epson Stylus Photo 700 โดยมีค่าความดำอยู่ระหว่าง 1.10 และ 1.20

เมื่อเทียบกับเครื่องฉายแสงพบว่า ค่าความดำตัวอักษร ที่ความแตกต่างระหว่างโครงสร้างตัวอักษร ขนาดตัวอักษร ค่าความดำที่ได้นั้นไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ความดำตัวอักษร "ถ" ขนาด 10 16 และ 20 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและเครื่องพิมพ์พ่นหมึก

ชนิดเครื่องพิมพ์	ความดำตัวอักษร					
	10		16		20	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
Laser Writer Pro 630 (600dpi)	1.09	0.09	1.04	0.08	1.07	0.08
Laser Writer Pro 630 (300 dpi)	1.11	0.11	1.11	0.07	1.11	0.07
Canon BJC-8500 (720 dpi)	0.91	0.08	1.06	0.10	1.08	0.11
Canon BJC-8500 (360 dpi)	0.95	0.08	1.01	0.09	0.98	0.07

จากตารางที่ 4.4 พบว่าความดำตัวอักษรที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ชนิดเดียวแต่ความละเอียดต่างกัน พิมพ์ด้วยตัวอักษรที่มีโครงสร้างตัวอักษรและขนาดตัวอักษรต่างกัน มีค่าความดำใกล้เคียงกัน และช่วงการเปลี่ยนแปลงค่าความดำใกล้เคียงกัน ทั้งเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและเครื่องพิมพ์พ่นหมึก

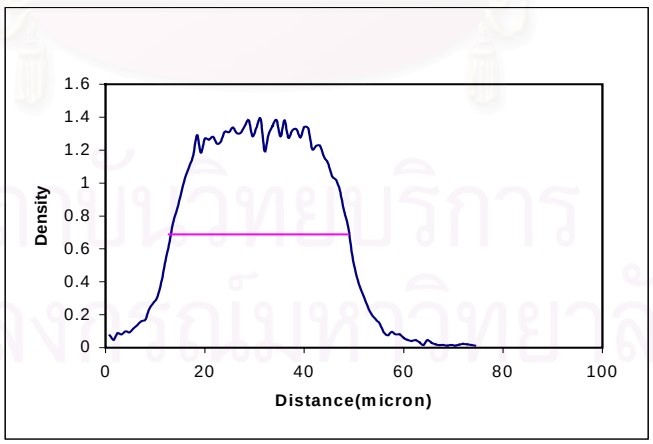
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2 ความกว้างเส้นตัวอักษร

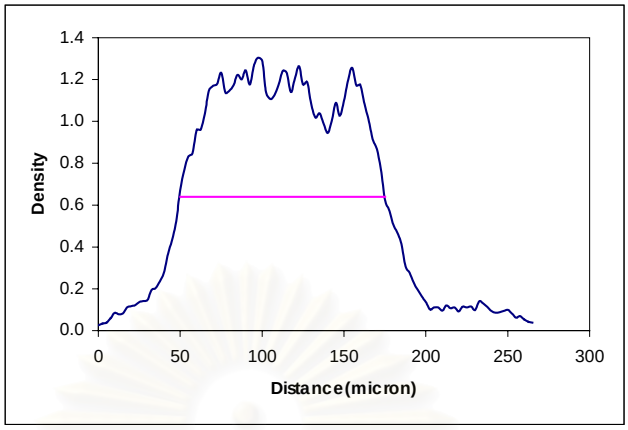
เตรียมแผ่นตัวอย่างที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ค่าความละเอียด 300 600 และ1200 dpi และเครื่องพิมพ์แบบพ่นหมึก ค่าความละเอียด 360 720 และ1440 dpi และนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวัดไมโครเด็นซิโตมิเตอร์ ซึ่งพิจารณาตัวอักษรขนาด 10 16 และ 20 พอยต์

(ก) ตัวอักษรขนาด 10 พอยต์

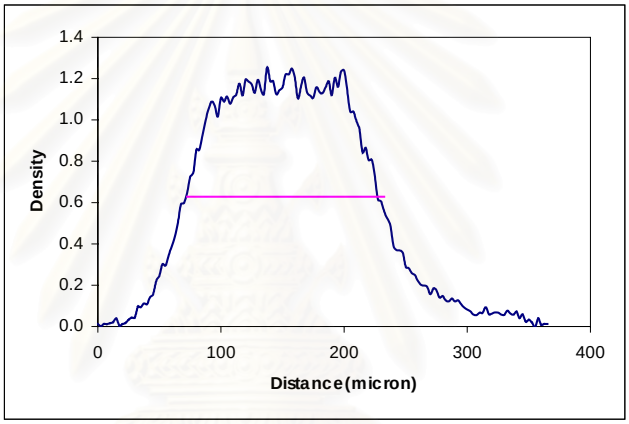
ภาพที่ 4.13 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสง ความละเอียด 1200 dpi ใช้กำลังขยาย (1.5 x 3 เท่า)



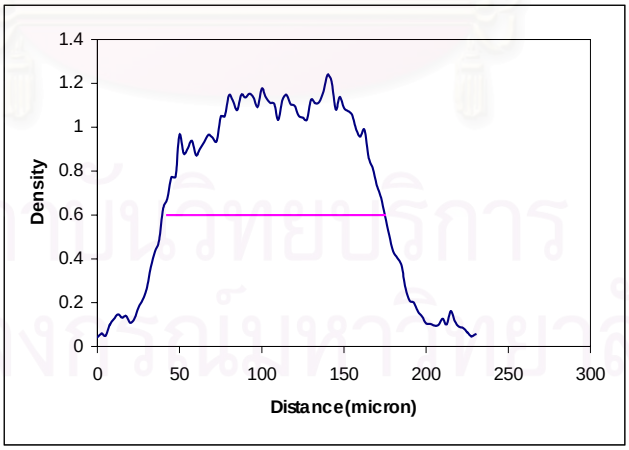
รูปที่ 4.14 การวัดความกว้างเส้นตัวอักษรที่พิมพ์จากเครื่องสร้างภาพความละเอียด 1200 dpi



(ก) เครื่องพิมพ์ laser Writer Select 360 ความละเอียด 300 dpi

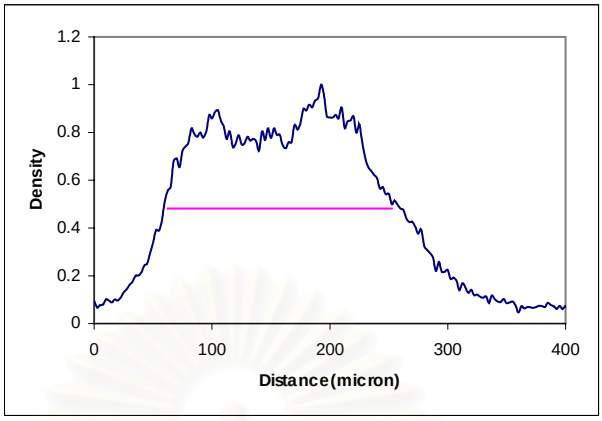


(ข) เครื่องพิมพ์ Laser Writer Pro 630 ความละเอียด 600 dpi

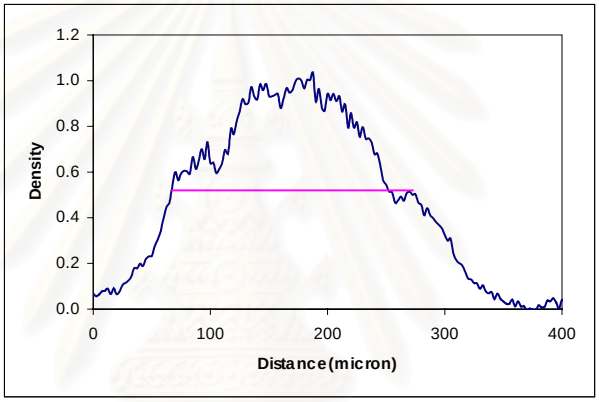


(ค) เครื่องพิมพ์ A-a Writer 3G, Xante′ ความละเอียด 1200 dpi

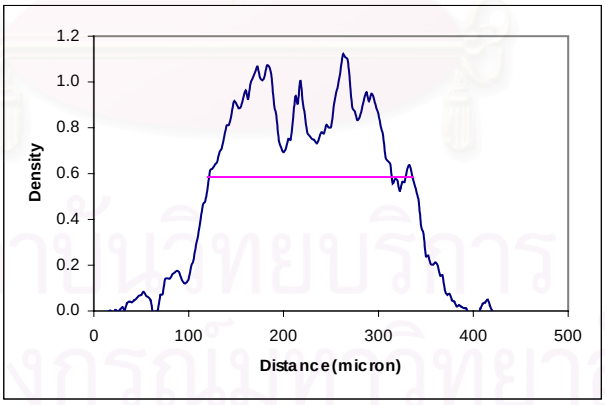
รูปที่ 4. 15 ผลการวัดความกว้างเส้นตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน



(ก) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Pro ความละเอียด 360 dpi



(ข) เครื่องพิมพ์ Canon BJC-8500 ความละเอียด 720 dpi



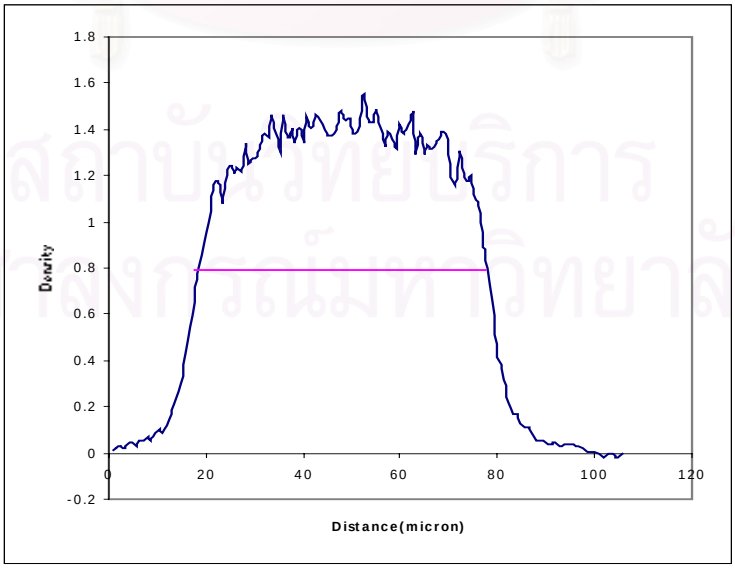
(ค) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Photo 700 ความละเอียด 1440 dpi

รูปที่ 4.16 ผลการวัดความกว้างเส้นตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ความละเอียดต่างกัน

(ข) ตัวอักษรขนาด 16 พอยต์

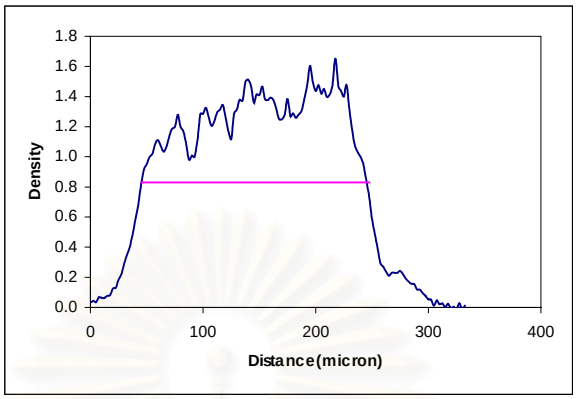
อิทธิพลของค่าความละเอียดในการพิมพ์ต่อความกว้างเส้นของตัวอักษร เตรียมแผ่นตัวอย่างที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีที่มีค่าความละเอียด 300 600 และ1200 dpi และเครื่องพิมพ์แบบพ่นหมึก ค่าความละเอียด 360 720 และ 1440 dpi และนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวัดไมโครเด็นซิโต โดยพิจารณาขนาดตัวอักษร 16 พอยต์

รูปที่ 4.17 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ ใช้กำลังขยาย (1.5 x 2 เท่า)

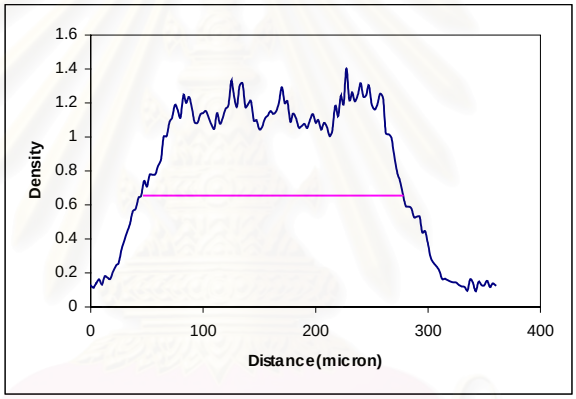


รูปที่ 4.18 ผลการวัดความกว้างเส้นตัวอักษรตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉาย

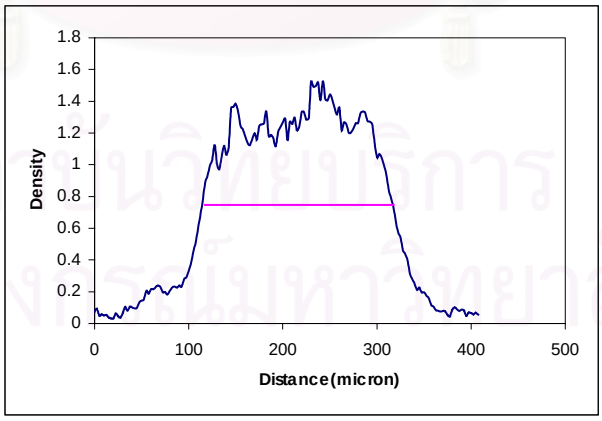
แสง ความละเอียด 1200 dpi



(ก) เครื่องพิมพ์ laser Writer Select 360 ความละเอียด 300 dpi

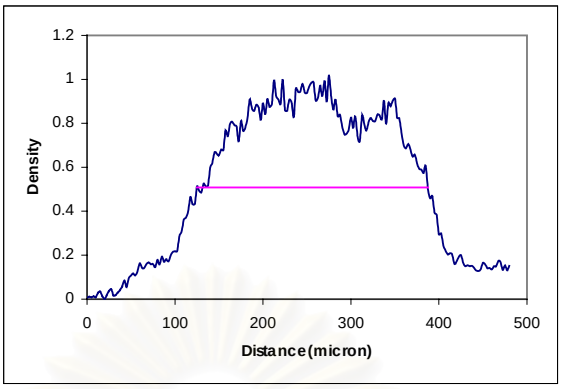


(ข) เครื่องพิมพ์ Laser Writer Pro 630 ความละเอียด 600 dpi

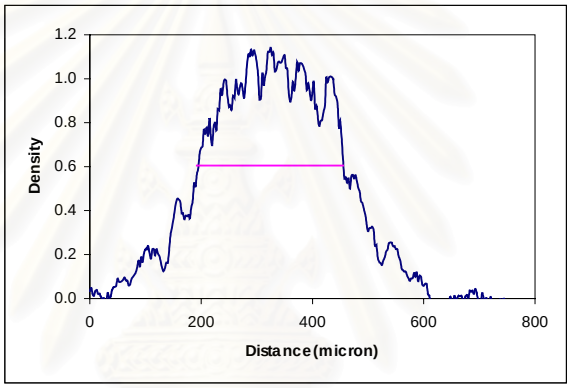


(ค) เครื่องพิมพ์ A-a Writer 3G, Xante′ ความละเอียด 1200 dpi

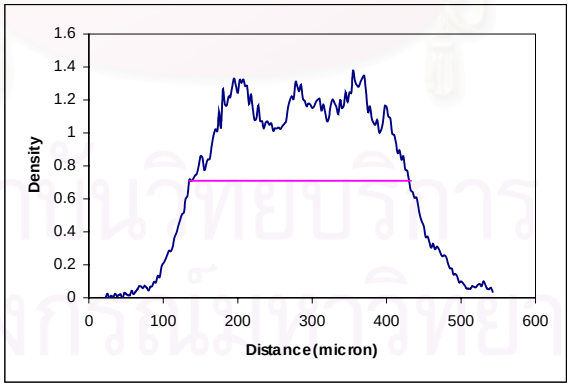
รูปที่ 4.19 ผลการวัดความกว้างเส้นตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน



(ก) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Pro ความละเอียด 360 dpi



(ข) เครื่องพิมพ์ Canon BJC-8500 ความละเอียด 720 dpi

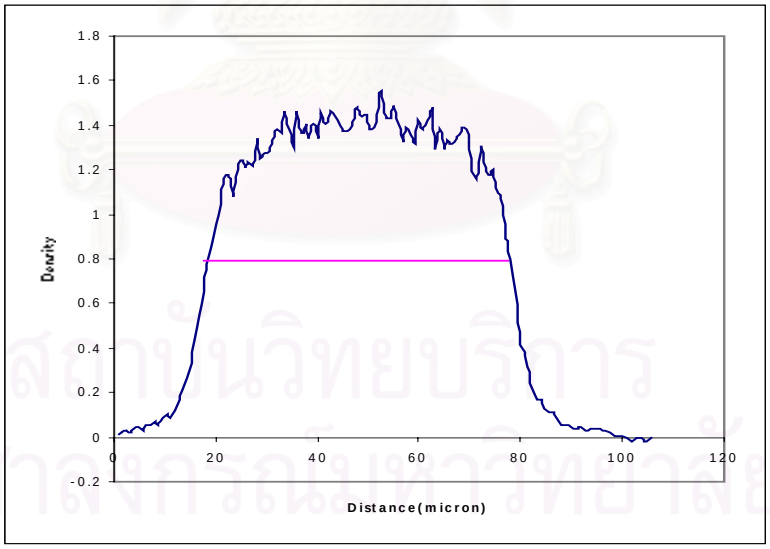


(ค) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Photo 700 ความละเอียด 1440 dpi

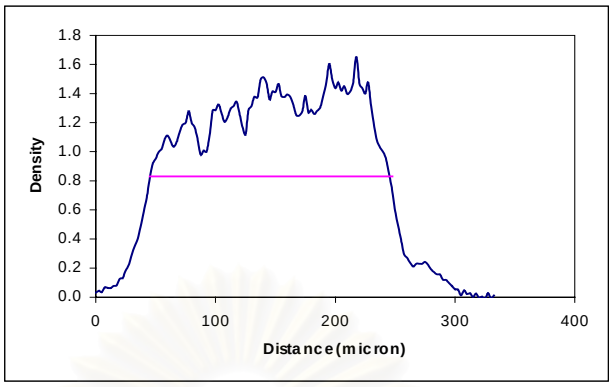
รูปที่ 4.20 ผลการวัดความกว้างเส้นตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ความละเอียดต่างกัน

(ค) ตัวอักษรขนาด 20 พอยต์

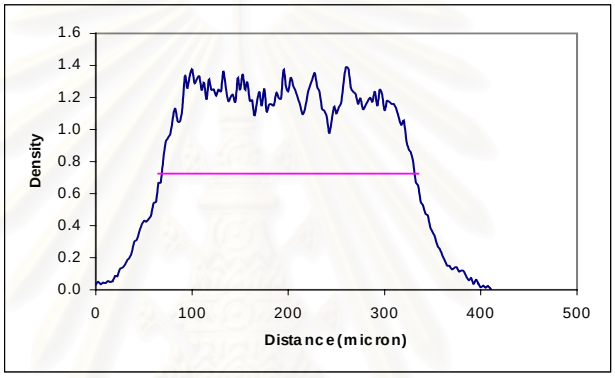
ภาพที่ 4.21 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสง ความละเอียด 1200 dpi ใช้กำลังขยาย (1.5 x 1.5 เท่า)



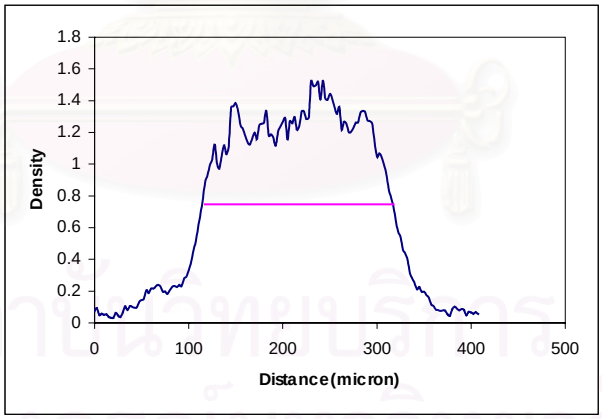
รูปที่ 4.22 ผลการวัดความกว้างเส้นตัวอักษรตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสง ความละเอียด 1200 dpi



(ก) เครื่องพิมพ์ laser Writer Select 360 ความละเอียด 300 dpi

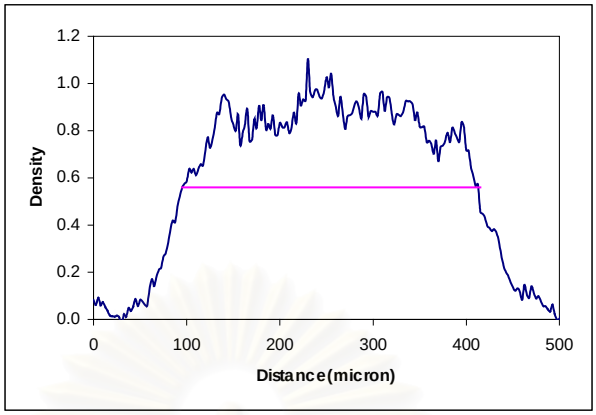


(ข) เครื่องพิมพ์ Laser Writer Pro 630 ความละเอียด 600 dpi

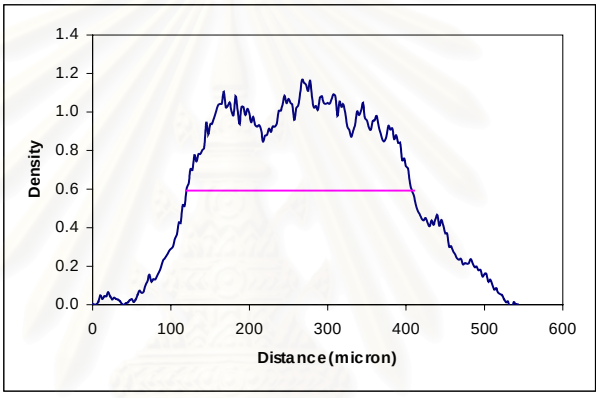


(ค) เครื่องพิมพ์ A-a Writer 3G, Xante′ ความละเอียด 1200 dpi

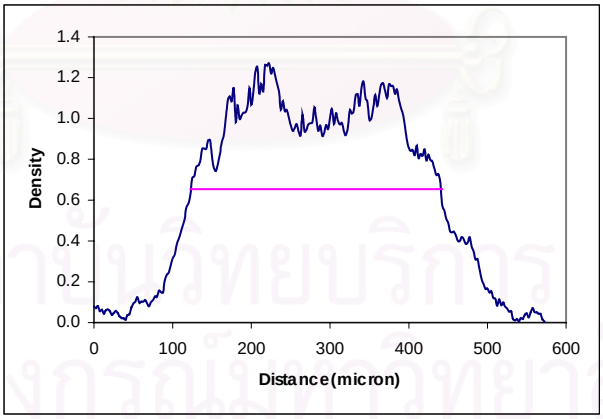
รูปที่ 4.23 ผลการวัดความกว้างเส้นตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน



(ก) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Pro ความละเอียด 360 dpi



(ข) เครื่องพิมพ์ Canon BJC-8500 ความละเอียด 720 dpi



(ค) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Photo 700 ความละเอียด 1440 dpi

รูปที่ 4.24 ผลการวัดความกว้างเส้นตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ความละเอียดต่างกัน

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความกว้างเส้นของตัวอักษร ถ ข ด และ พ ขนาด 10 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีเครื่องพิมพ์พ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพ

ชนิดเครื่องพิมพ์	ความกว้างเส้นตัวอักษร											
	ถ			ข			ด			พ		
	ค่าความกว้าง	Δw*	%Δw	ค่าความกว้าง	Δw	%Δw	ค่าความกว้าง	Δw	%Δw	ค่าความกว้าง	Δw	%Δw
Writer Select 360	124.98	1.51	1.22	134.99	11.52	9.33	129.99	6.52	5.28	135.03	11.56	9.37
Laser Writer Pro 630	160	36.53	29.59	149.98	26.51	21.47	154.97	31.5	25.52	167.52	44.05	35.68
A-a Writer 3G,	132.51	9.04	7.32	144.99	21.52	17.43	122.52	0.95	0.76	142.45	18.98	15.37
Epson Stylus Pro	190	66.53	53.89	170.01	46.54	37.69	164.98	23.51	33.62	179.99	56.52	45.78
Canon BJC-8500	204.99	81.51	66.02	210	86.53	70.09	184.99	61.52	49.83	197.99	74.52	57.93
Epson Stylus Photo 700	222.49	99.02	80.20	207.49	84.02	68.05	237.51	114.04	92.37	460.01*	336.54	272.57
Linotype-hell AG	112.49	10.98	8.89	114.98	8.49	6.87	109.97	13.57	10.93	107.57	15.9	12.87

*Δw : ผลต่างระหว่างความกว้างของเส้นตัวอักษรที่พิมพ์ได้จากเครื่องพิมพ์และต้นฉบับที่ได้จากโปรแกรมสร้างตัวอักษร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความกว้างเส้นของตัวอักษร ถ ข ด และ พ ขนาด 16 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีเครื่องพิมพ์พ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพ

ชนิดเครื่องพิมพ์	ความกว้างเส้นตัวอักษร											
	ถ			ข			ด			พ		
	ค่าความกว้าง	Δw*	%Δw*	ค่าความกว้าง	Δw	%Δw	ค่าความกว้าง	Δw	%Δw	ค่าความกว้าง	Δw	%Δw
Writer Select 360	202.44	4.89	2.48	210.03	12.48	6.32	210.00	12.45	6.30	194.99	2.55	1.29
Laser Writer Pro 630	229.97	32.42	16.41	227.51	29.96	15.17	222.52	24.97	12.64	225.00	27.45	13.90
A-a Writer 3G,	200.00	2.45	1.24	192.45	5.09	2.58	195.00	2.54	1.29	197.49	0.05	0.03
Epson Stylus Pro	274.99	77.44	39.20	277.48	79.93	40.46	254.99	57.44	29.08	274.99	77.44	39.20
Canon BJC-8500	287.49	89.94	45.53	302.50	104.95	53.13	242.50	44.95	22.75	275.00	77.45	39.21
Epson Stylus Photo 700	297.49	99.94	50.59	297.5	99.95	50.59	279.99	82.44	41.73	314.49	116.94	59.20
Linotype-hell AG	187.51	10.03	51.87	187.48	10.06	51.85	180.04	17.50	45.82	190.10	7.44	53.97

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความกว้างเส้นของตัวอักษร ถ ข ด และ พ ขนาด 20 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีเครื่องพิมพ์พ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพ

ชนิดเครื่องพิมพ์	ความกว้างเส้นตัวอักษร											
	ก			ข			ด			พ		
	ค่าความกว้าง	Δw	%Δw	ค่าความกว้าง	Δw	%Δw	ค่าความกว้าง	Δw	%Δw	ค่าความกว้าง	Δw	%Δw
Writer Select 360	202.44	44.51	18.02	284.95	38.00	15.39	292.45	45.50	18.43	284.96	38.01	15.39
Laser Writer Pro 630	269.94	22.99	9.31	250.00	3.05	1.24	252.52	5.57	2.26	250.49	3.54	2.25
A-a Writer 3G,	234.99	11.96	4.84	224.98	21.97	8.89	232.49	14.46	5.85	224.98	21.97	8.90
Epson Stylus Pro	320.01	73.06	29.59	322.50	75.55	43.02	342.50	95.55	38.69	393.50	146.55	59.35
Canon BJC-8500	289.97	43.02	17.42	277.49	30.54	12.37	249.99	3.04	19.45	317.51	70.56	28.57
Epson Stylus Photo 700	320.03	73.08	29.60	319.98	73.03	29.58	322.50	75.55	30.59	295.00	48.05	1.46
Linotype-hell AG	239.94	7.01	94.33	237.46	9.49	92.32	237.50	9.45	92.36	239.92	7.03	94.32

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การหาความกว้างเส้นตัวอักษร

อัตราส่วนระหว่างความกว้างเส้นตัวอักษรต่อความสูง 1000 ส่วน ซึ่งได้จากโปรแกรมสร้างตัวอักษรมีค่าเท่ากับ 35/1000 เท่า

ดังนั้นความกว้างเส้นตัวอักษรของต้นฉบับ ขนาด 10 พอยต์ = 123.47 ไมโครเมตร

ความกว้างเส้นตัวอักษรของต้นฉบับ ขนาด 16 พอยต์ = 197.55 ไมโครเมตร

ความกว้างเส้นตัวอักษรของต้นฉบับ ขนาด 20 พอยต์ = 246.95 ไมโครเมตร

$\Delta W = ก - ข$

$\%การบวมของตัวอักษร = \frac{ก - ข}{ข} \times 100$

ซึ่ง ก : ความกว้างเส้นตัวอักษรที่พิมพ์ได้จากเครื่องพิมพ์ไร้สัมผัส (พอยต์)

ข : ความกว้างเส้นตัวอักษรต้นฉบับที่ได้จากโปรแกรมสร้างตัวอักษร

จากตารางที่ 4.5- 4.7 เมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างความกว้างเส้นตัวอักษรของต้นฉบับที่ได้จากโปรแกรมสร้างตัวอักษรและตัวอักษรที่ได้จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี เครื่องพิมพ์แบบพ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพ

1. ตัวอักษรที่ได้จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ขนาดตัวอักษร 10 พอยต์ พบว่าความกว้างตัวอักษร นั้นมีการขยายความกว้างสูงสุด 10% 35% และ 17 % ที่ความละเอียด 300 600 และ 1200 dpi และเมื่อพิจารณาขนาดตัวอักษรที่ใหญ่ขึ้นความกว้างเส้นตัวอักษรจะมีสัดส่วนการขยายน้อยลง

2. ตัวอักษรที่ได้จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ขนาดตัวอักษร 10 พอยต์ พบว่าความกว้างของเส้นตัวอักษร นั้นมีการขยายความกว้างสูงสุด 54% 70% ที่ความละเอียด 360 และ 720 dpi ส่วนความละเอียด 1440 dpi มีความกว้างเส้นตัวอักษรมากกว่า 100% พบว่ามีการซึมเลอะจากเส้นข้างเคียง ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะไปสนับสนุนการศึกษาหัวตัวอักษรไทย และเมื่อพิจารณาความกว้างตัวอักษรที่ใหญ่ขึ้นความกว้างเส้นจะมีสัดส่วนการขยายน้อยลง

3. ตัวอักษรที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีมีความกว้างเส้นตัวอักษรใกล้เคียงต้นฉบับมากกว่าเนื่องจากมีการบวมของตัวอักษรน้อยกว่าผลที่ได้จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก

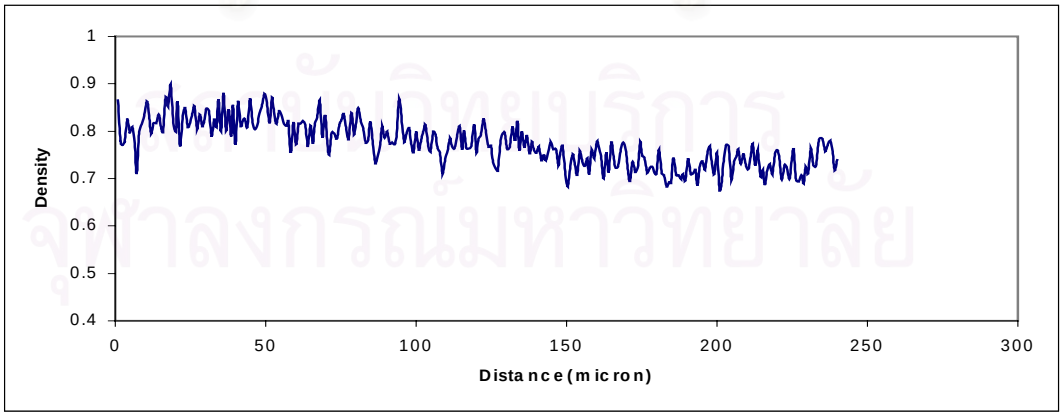
4.1.3 ความขรุขระของขอบตัวอักษร

คุณภาพตัวอักษรไทยเมื่อพิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ความละเอียด 300 600 และ 1200 dpi และเครื่องพิมพ์พ่นหมึกความละเอียด 360 720 และ 1440 dpi

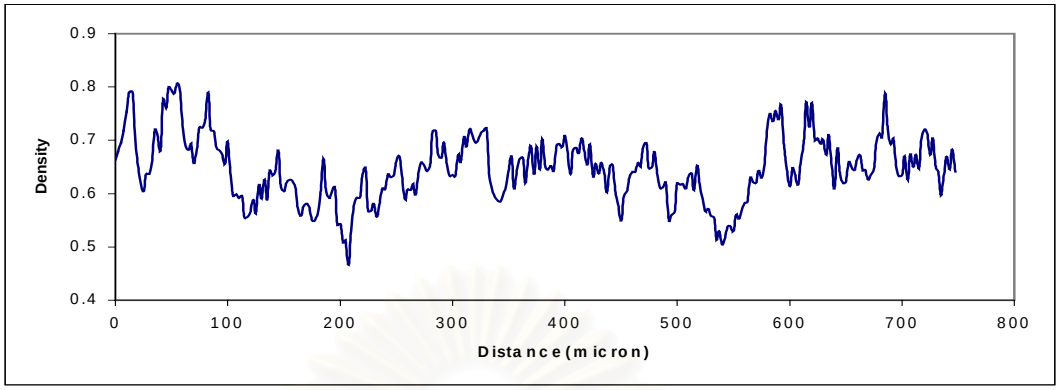
เตรียมแผ่นตัวอย่างที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและเครื่องพิมพ์พ่นหมึก วิเคราะห์ความขรุขระของขอบตัวอักษรขนาดตัวอักษร 10 16 และ 20 พอยต์

(ก) ตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์

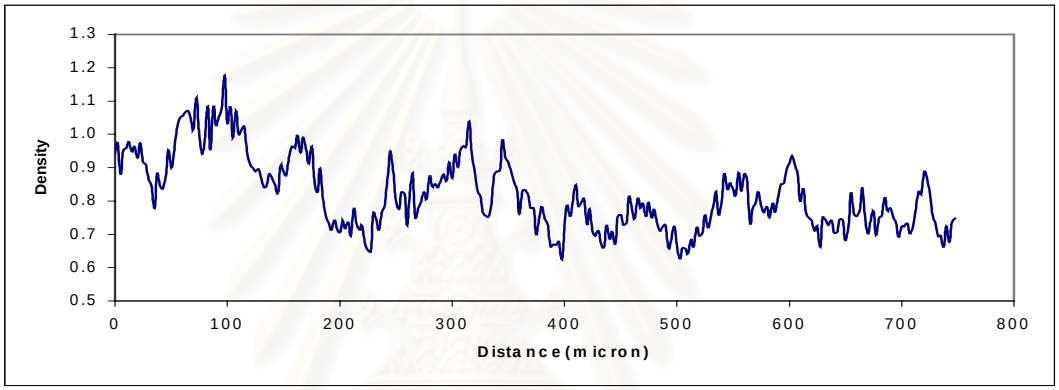
รูปที่ 4.25 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสง ความละเอียด 1200 dpi ใช้กำลังขยาย (1.5 x 4 เท่า)



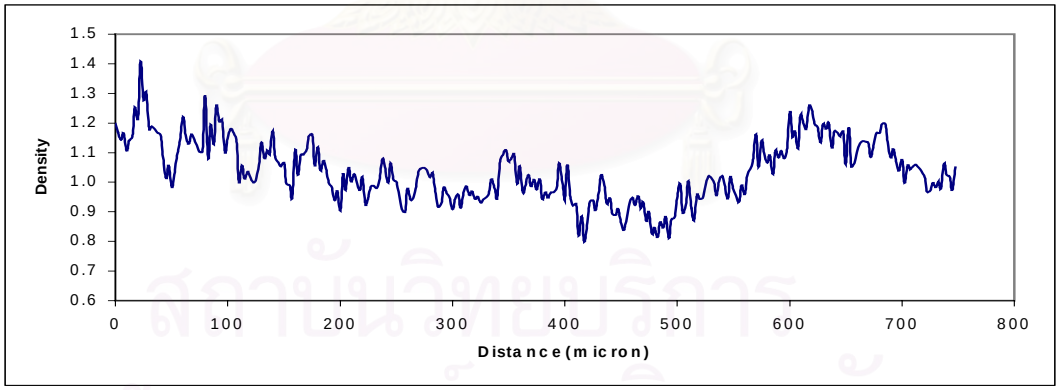
รูปที่ 4.26 ผลการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษร ที่พิมพ์จากเครื่องสร้างภาพ ความละเอียด 1200 dpi



(ก) เครื่องพิมพ์ laser Writer Select 360 ความละเอียด 300 dpi

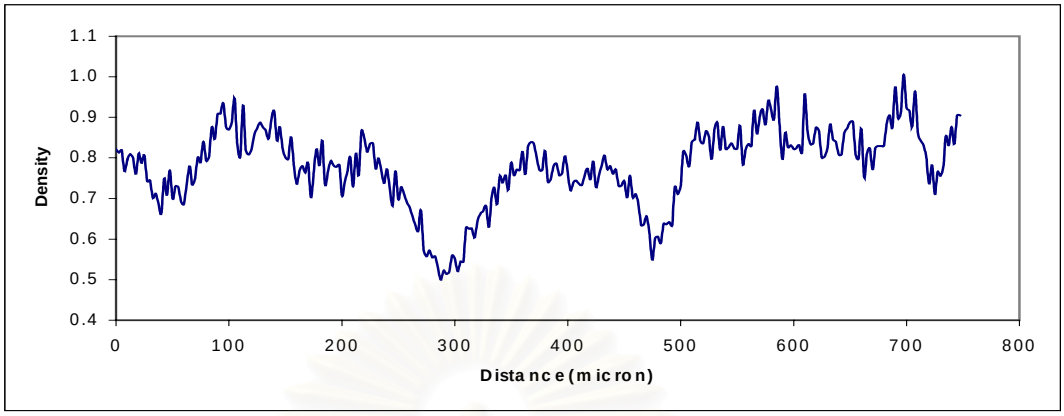


(ข) เครื่องพิมพ์ Laser Writer Pro 630 ความละเอียด 600 dpi

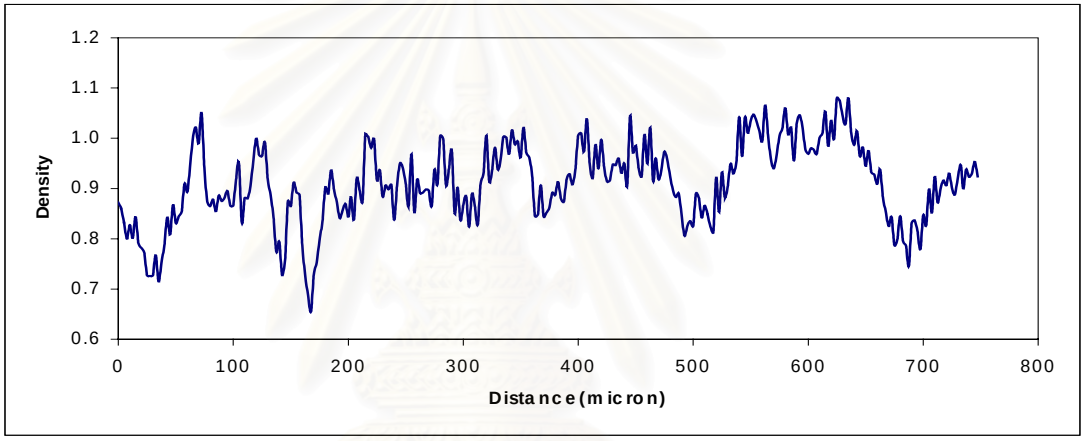


(ค) เครื่องพิมพ์ A-a Writer 3G, Xante ′ ความละเอียด 1200 dpi

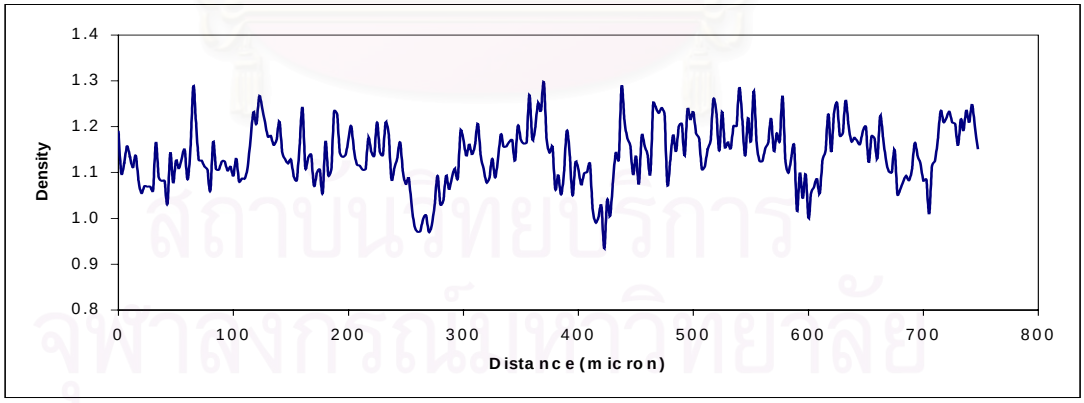
รูปที่ 4.27 ผลการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน



(ก) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Pro ความละเอียด 360 dpi



(ข) เครื่องพิมพ์ Canon BJC-8500 ความละเอียด 720 dpi

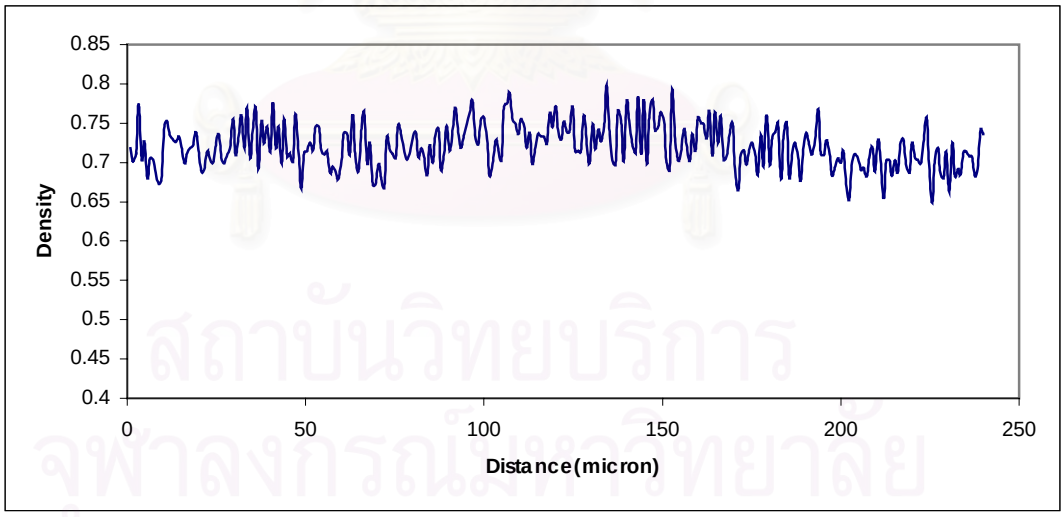


(ค) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Photo 700 ความละเอียด 1440 dpi

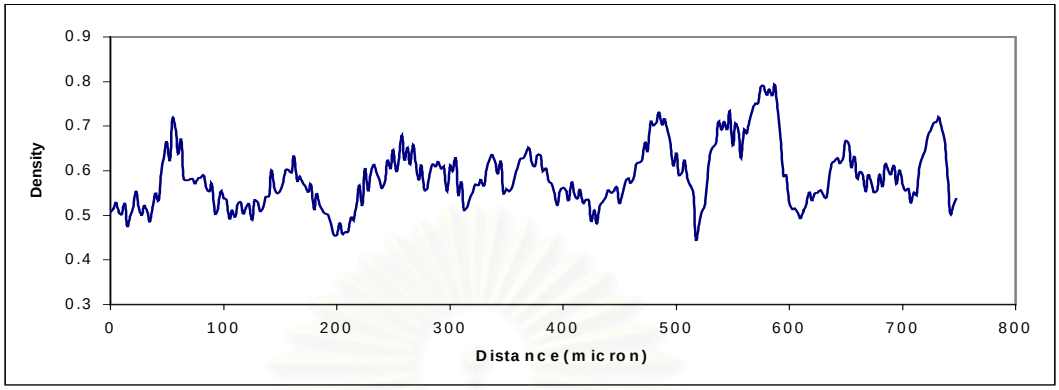
รูปที่ 4.28 ผลการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ที่ความละเอียดต่างกัน

(ข) ตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์

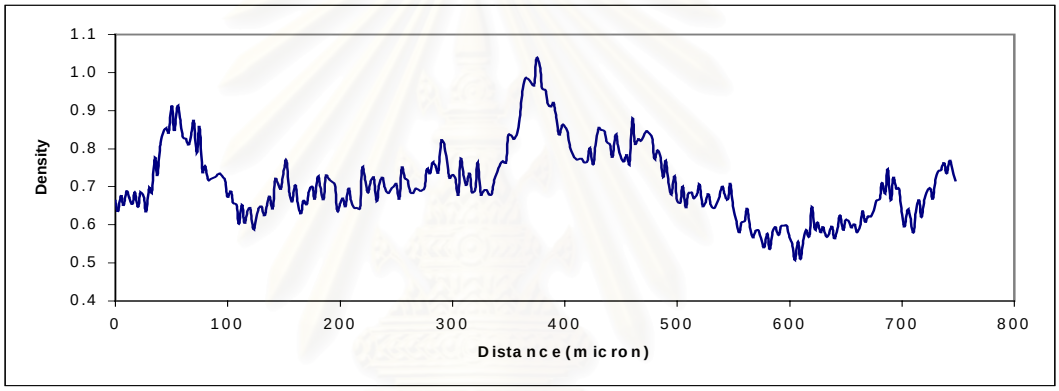
รูปที่ 4.29 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสง ความละเอียด 1200 dpi ใช้กำลังขยาย (1.5 x 4 เท่า)



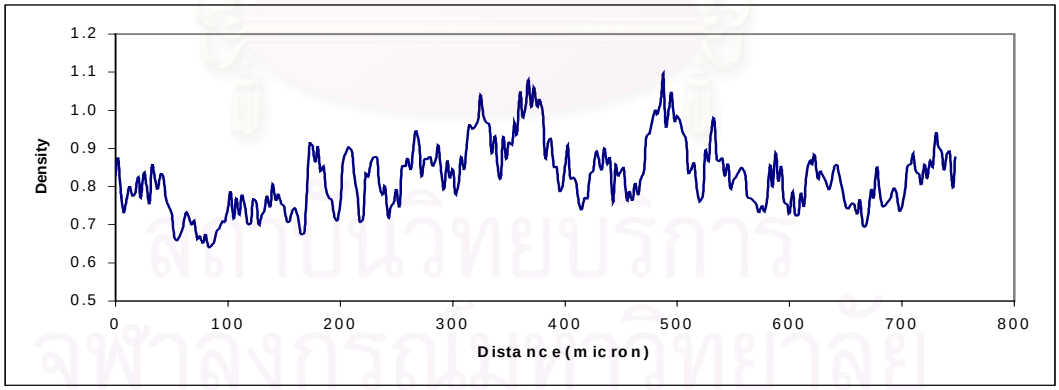
รูปที่ 4.30 ผลการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษร จากเครื่องสร้างภาพ ความละเอียด 1200 dpi



(ก) เครื่องพิมพ์ laser Writer Select 360 ความละเอียด 300 dpi

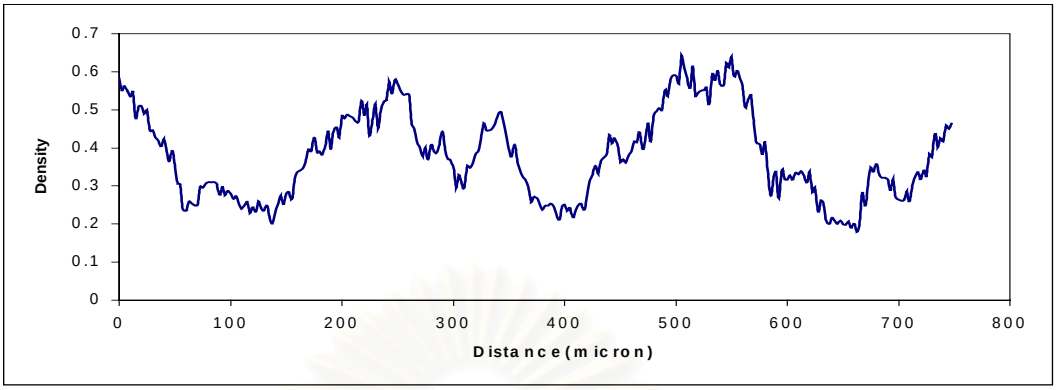


เครื่องพิมพ์ Laser Writer Pro 630 ความละเอียด 600 dpi

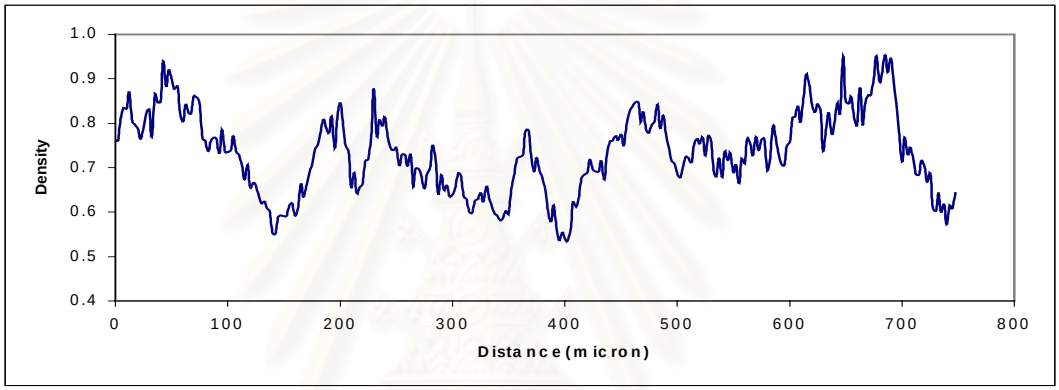


เครื่องพิมพ์ A-a Writer 3G, Xante ′ ความละเอียด 1200 dpi

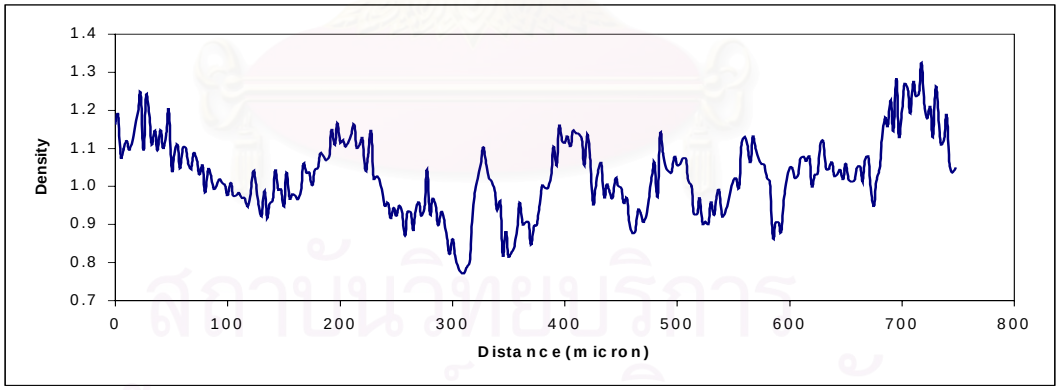
รูปที่ 4.31 ผลการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน



(ก) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Pro ความละเอียด 360 dpi



(ข) เครื่องพิมพ์ Canon BJC-8500 ความละเอียด 720 dpi

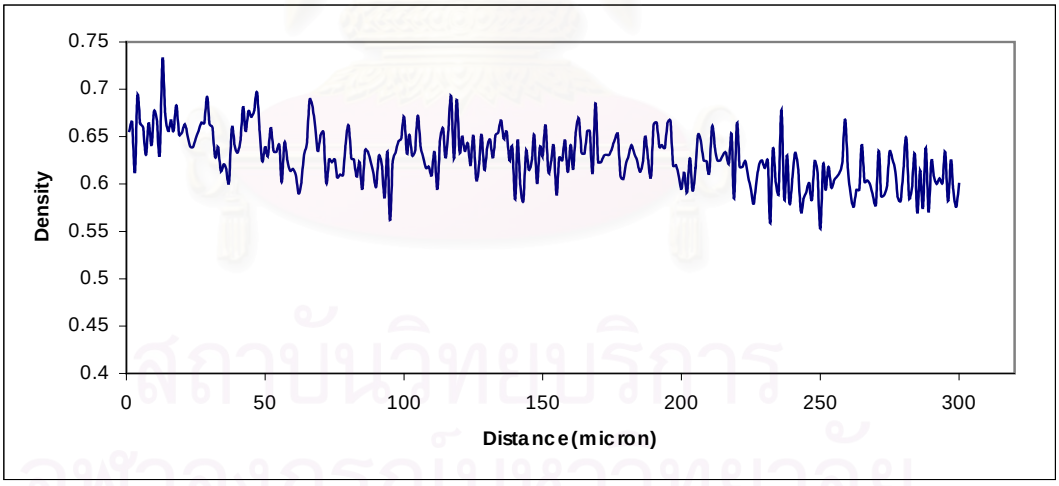


(ค) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Photo 700 ความละเอียด 1440 dpi

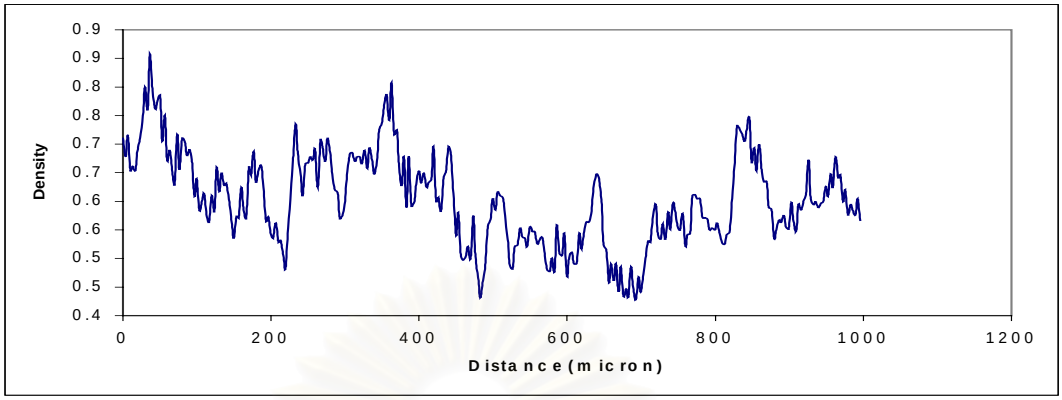
รูปที่ 4.32 ผลการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ที่ความละเอียดต่างกัน

(ค) ตัวอักษรขนาด 20 พอยต์

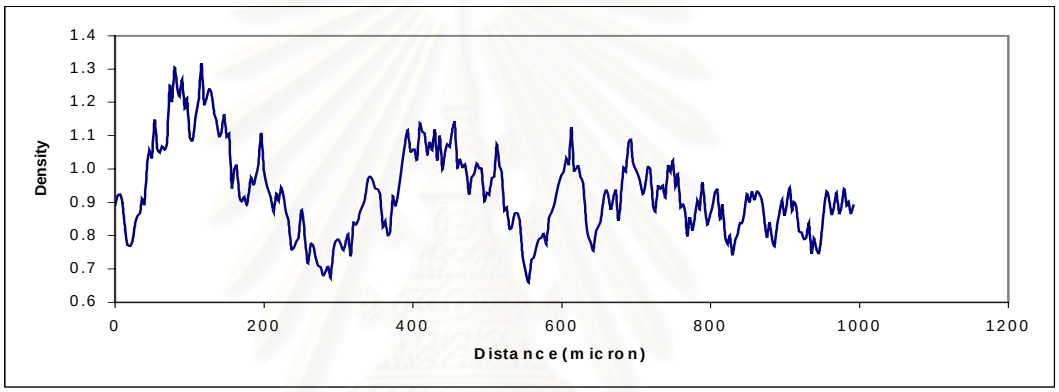
รูปที่ 4.33 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสง ความละเอียด 1200 dpi ใช้กำลังขยาย (1.5 x 4 เท่า)



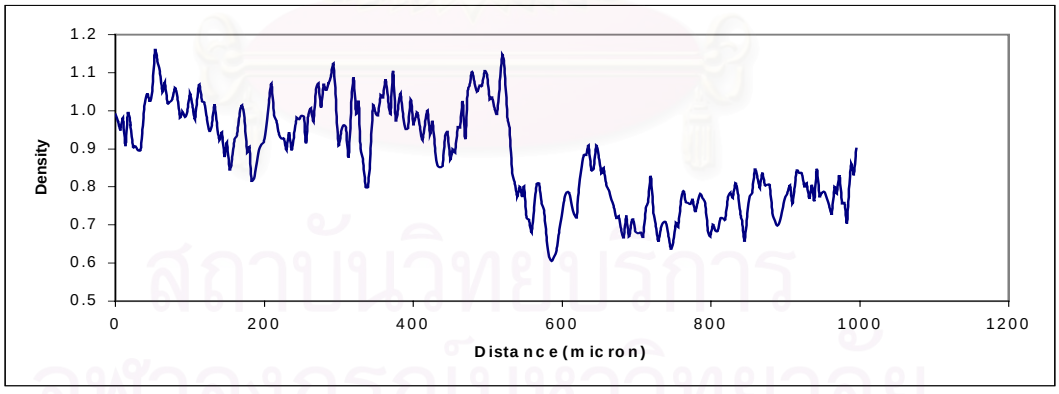
รูปที่ 4.34 ผลการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษร จากเครื่องสร้างภาพ ความละเอียด 1200 dpi



(ก) เครื่องพิมพ์ laser Writer Select 360 ความละเอียด 300 dpi

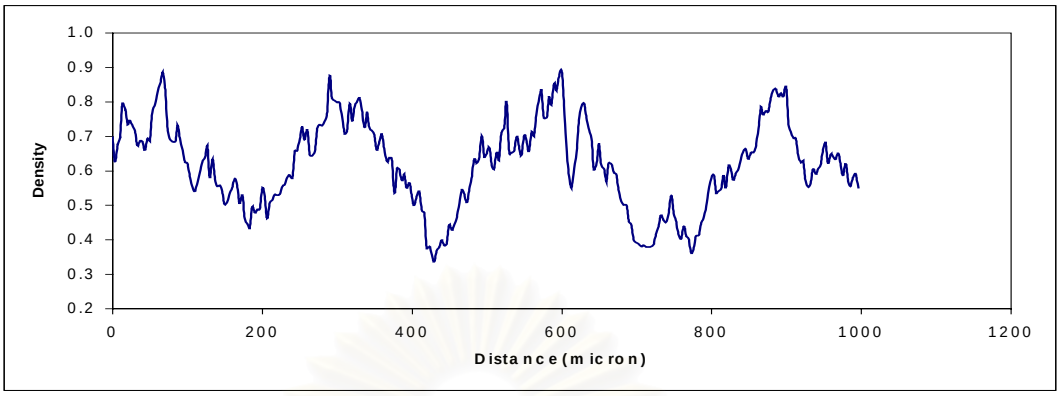


(ข) เครื่องพิมพ์ Laser Writer Pro 630 ความละเอียด 600 dpi

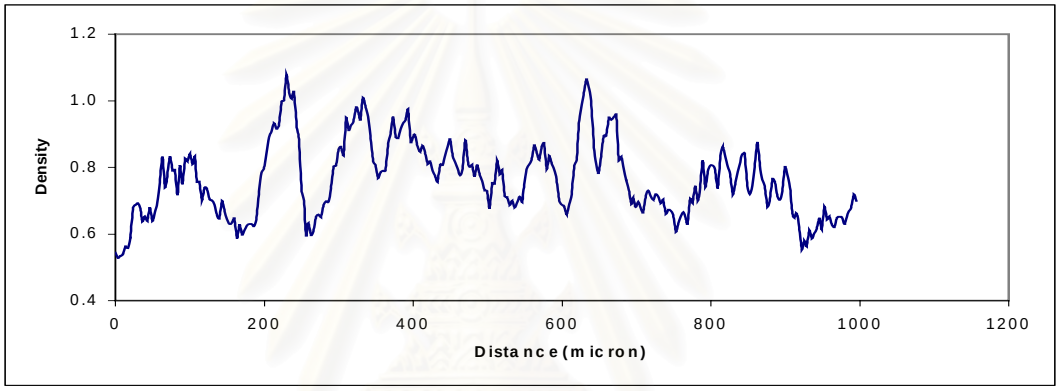


(ค) เครื่องพิมพ์ A-a Writer 3G, Xante ′ ความละเอียด 1200 dpi

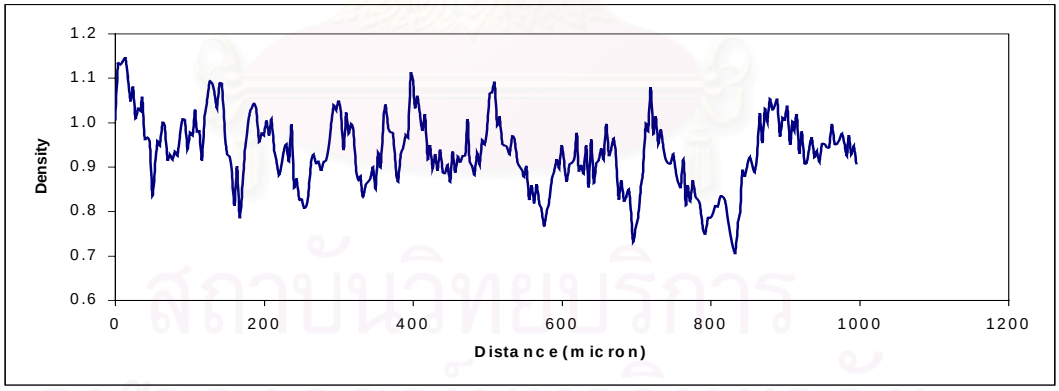
รูปที่ 4.35 ผลการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน



(ก) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Pro ความละเอียด 360 dpi



(ข) เครื่องพิมพ์ Canon BJC-8500 ความละเอียด 720 dpi



(ค) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Photo 700 ความละเอียด 1440 dpi

รูปที่ 4.36 ผลการวัดความขรุขระของขอบตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ที่ความละเอียดต่างกัน

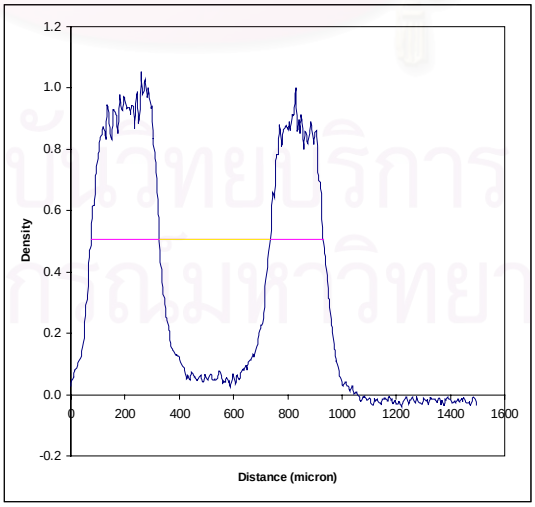
4.1.4 หัวตัวอักษร

คุณภาพตัวอักษรไทยเมื่อพิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ความละเอียด 300 600 และ 1200 dpi และเครื่องพิมพ์พ่นหมึกความละเอียด 360 720 และ 1440 dpi

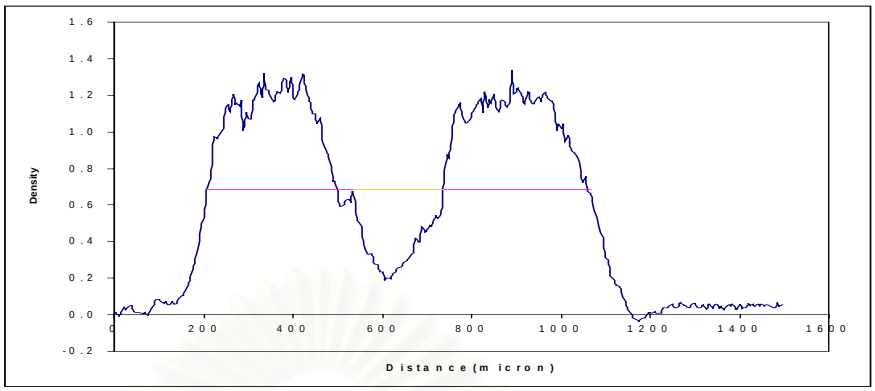
เตรียมแผ่นตัวอย่างที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและเครื่องพิมพ์พ่นหมึก วิเคราะห์ลักษณะหัวตัวอักษรขนาดตัวอักษร 10 16 และ 20 พอยต์

(ก) ตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์

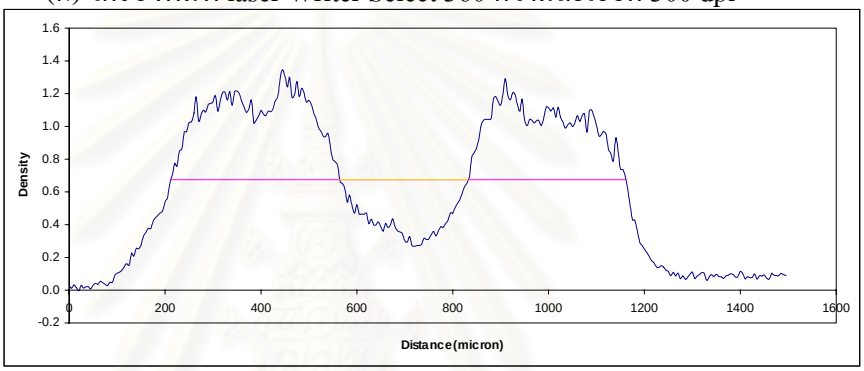
ภาพที่ 4.37 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสง ความละเอียด 1200 dpi ใช้กำลังขยาย (1.5 x 4 เท่า)



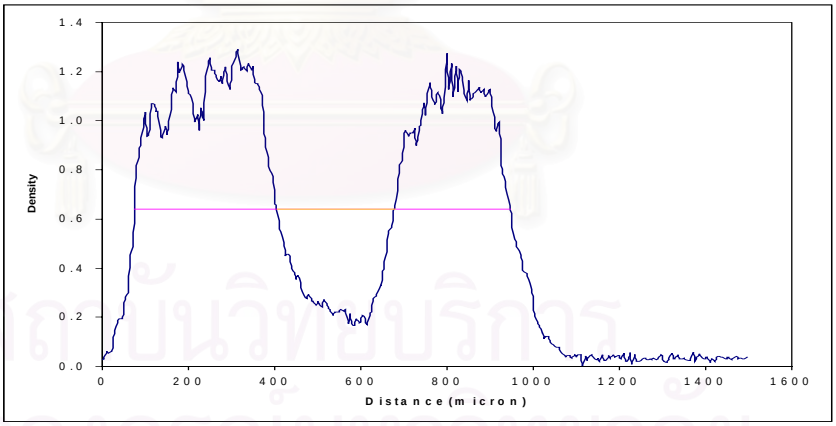
รูปที่ 4.38 ผลการวัดหัวตัวอักษร ที่พิมพ์จากเครื่องสร้างภาพความละเอียด 1200 dpi



(ก) เครื่องพิมพ์ laser Writer Select 360 ความละเอียด 300 dpi

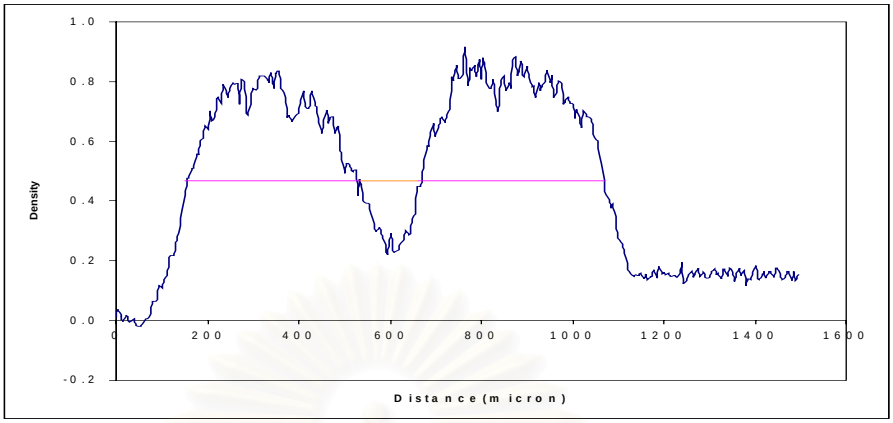


(ข) เครื่องพิมพ์ Laser Writer Pro 630 ความละเอียด 600 dpi

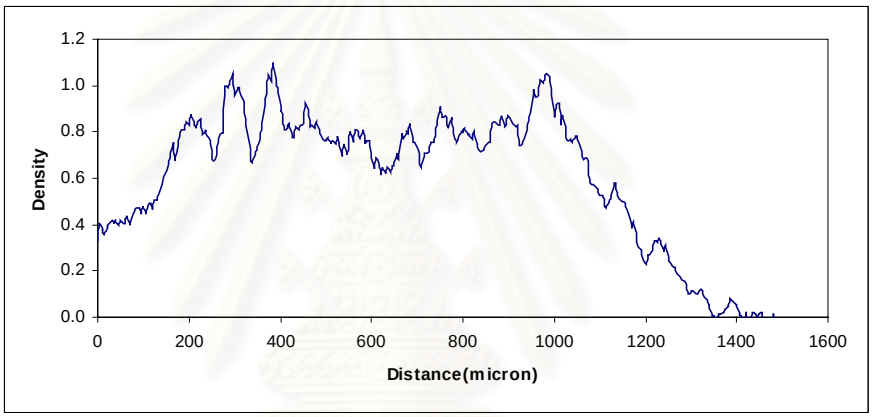


(ค) เครื่องพิมพ์ A-a Writer 3G, Xante ′ ความละเอียด 1200 dpi

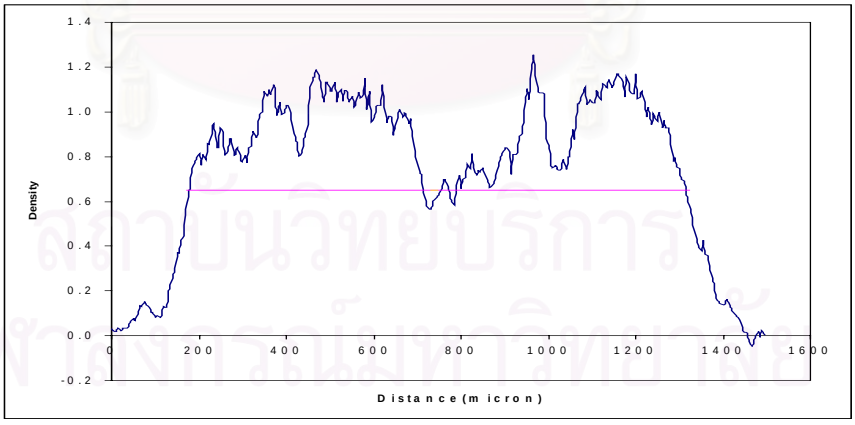
รูปที่ 4.39 ผลการวัดหัวตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน



(ก) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Pro ความละเอียด 360 dpi



(ข) เครื่องพิมพ์ Canon BJC-8500 ความละเอียด 720 dpi

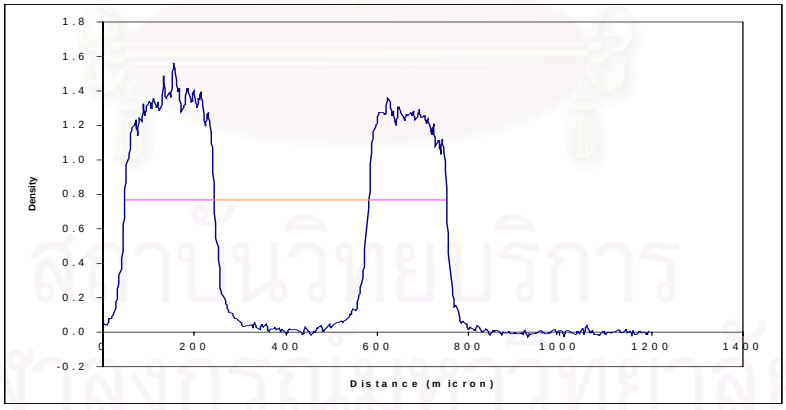


(ค) เครื่องพิมพ์ A-a Writer 3G, Xante′ ความละเอียด 1200 dpi

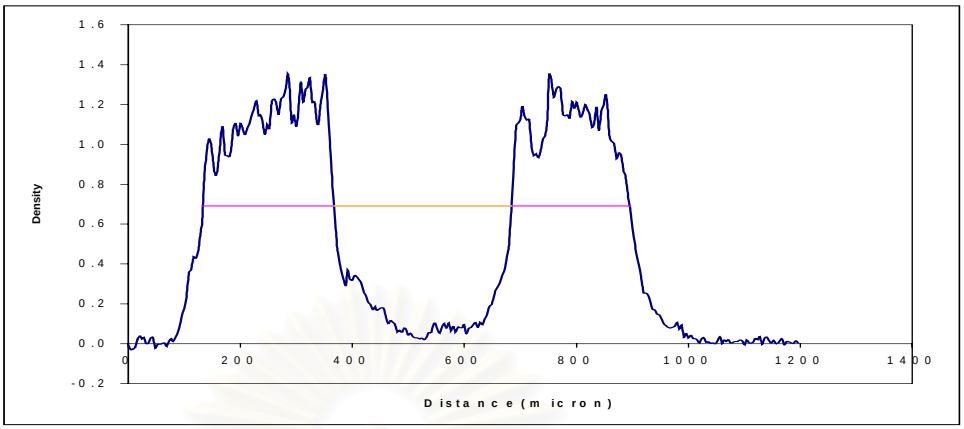
รูปที่ 4.40 ผลการวัดหัวตัวอักษร “ถ” ขนาด 10 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ความละเอียดต่างกัน

(ข) ตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์

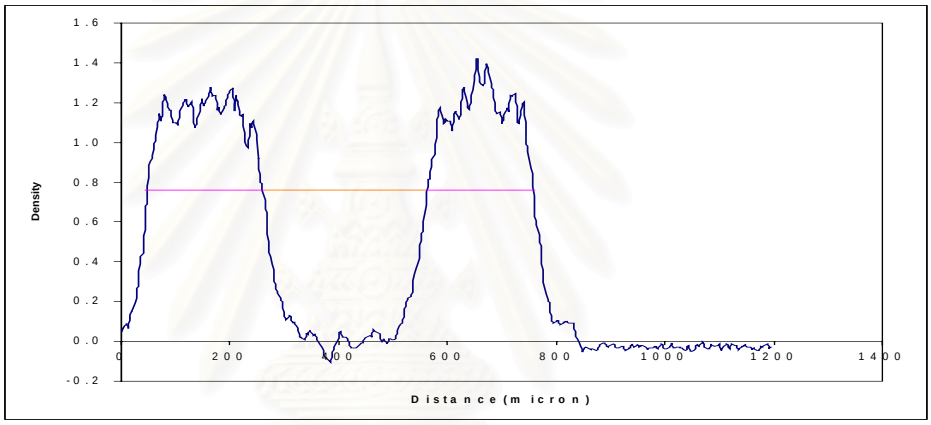
ภาพที่ 4.41 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสง ความละเอียด 1200 dpi ใช้กำลังขยาย (1.5 x 4 เท่า)



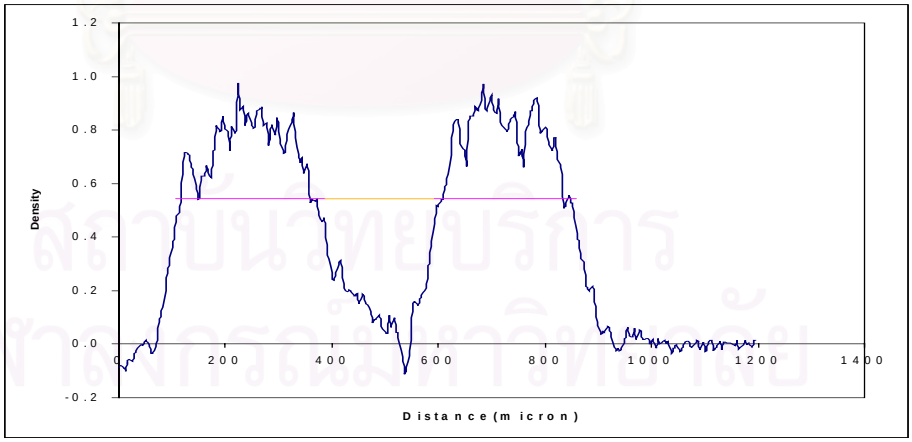
รูปที่ 4.42 ผลการวัดหัวตัวอักษร ที่พิมพ์จากเครื่องสร้างภาพความละเอียด 1200 dpi



(ก) เครื่องพิมพ์ laser Writer Select 360 ความละเอียด 300 dpi

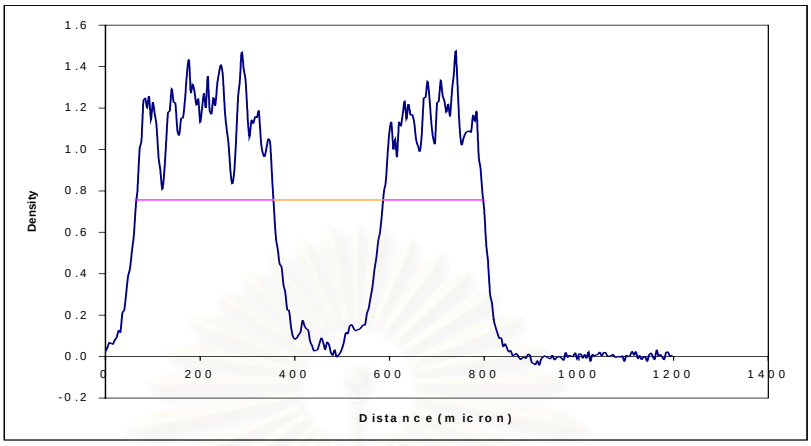


(ข) เครื่องพิมพ์ Laser Writer Pro 630 ความละเอียด 600 dpi

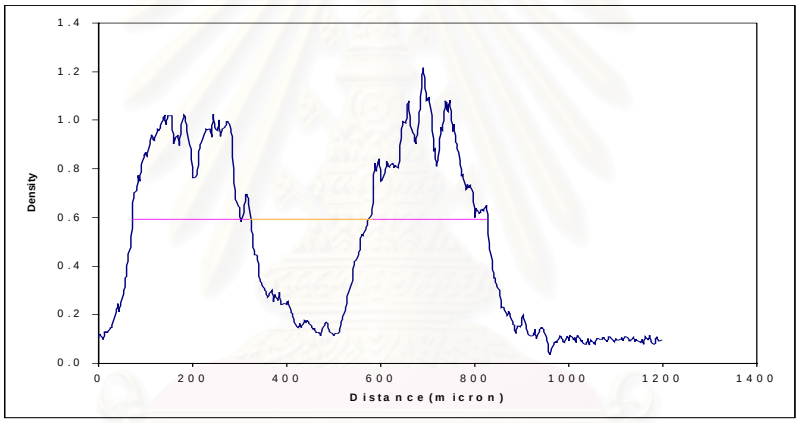


(ค) เครื่องพิมพ์ A-a Writer 3G, Xante ′ ความละเอียด 1200 dpi

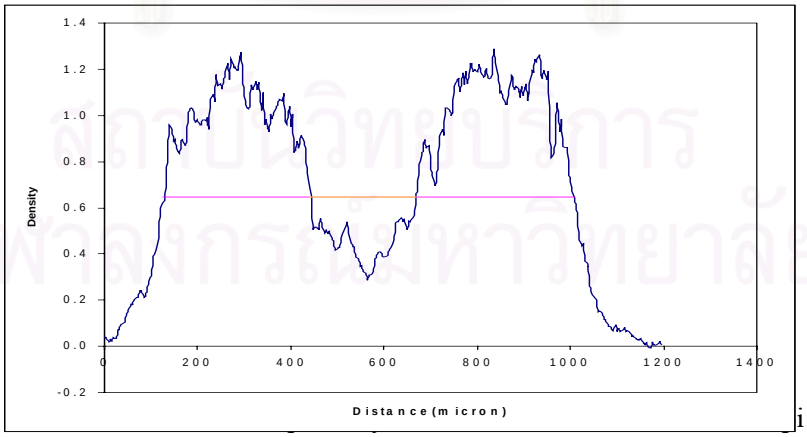
รูปที่ 4.43 ผลการวัดหัวตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน



(ก) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Pro ความละเอียด 360 dpi



(ข) เครื่องพิมพ์ Canon BJC-8500 ความละเอียด 720 dpi

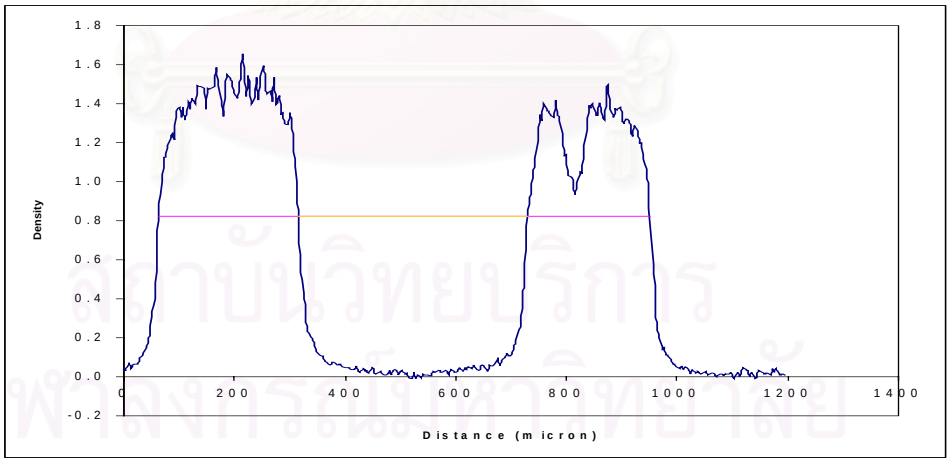


เครื่อง Epson Stylus Photo 700 ความละเอียด 1440 dpi

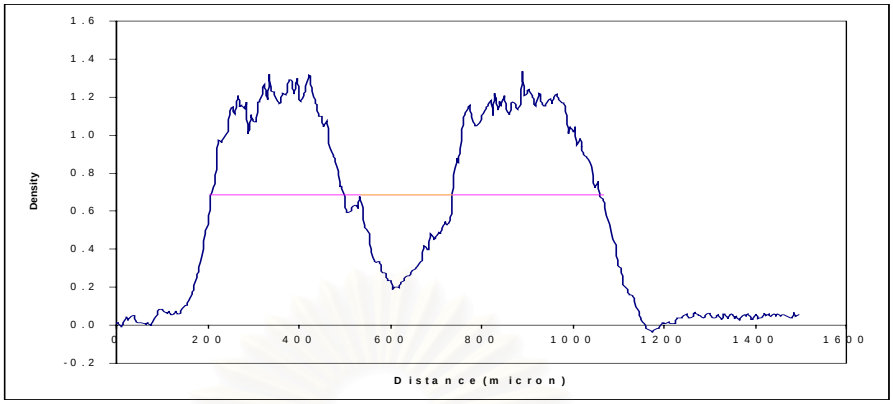
รูปที่ 4.44 ผลการวัดหัวตัวอักษร “ถ” ขนาด 16 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ความละเอียดต่างกัน

(ค) ตัวอักษรขนาด 20 พอยต์

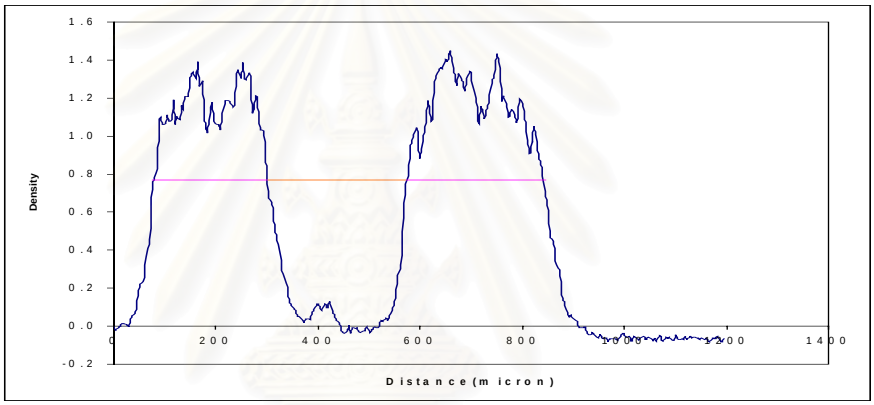
ภาพที่ 4.45 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ SZHIO Research Stereo ตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ พิมพ์จากเครื่องฉายแสง ความละเอียด 1200 dpi ใช้กำลังขยาย (1.5 x 4 เท่า)



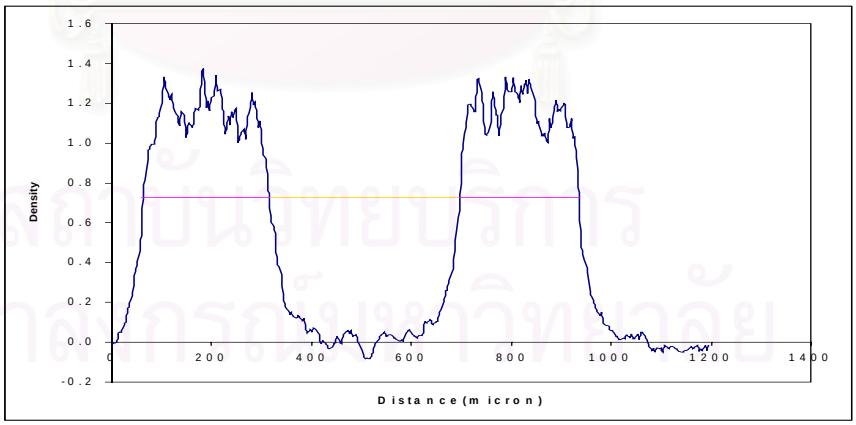
รูปที่ 4.46 ผลการวัดหัวตัวอักษร ที่พิมพ์จากเครื่องสร้างภาพความละเอียด 1200 dpi



(ค) เครื่องพิมพ์ laser Writer Select 360 ความละเอียด 300 dpi

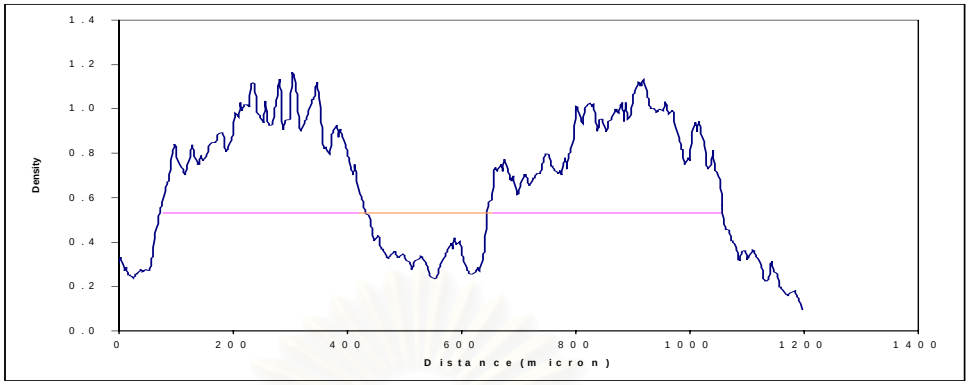


(ข) เครื่องพิมพ์ Laser Writer Pro 630 ความละเอียด 600 dpi

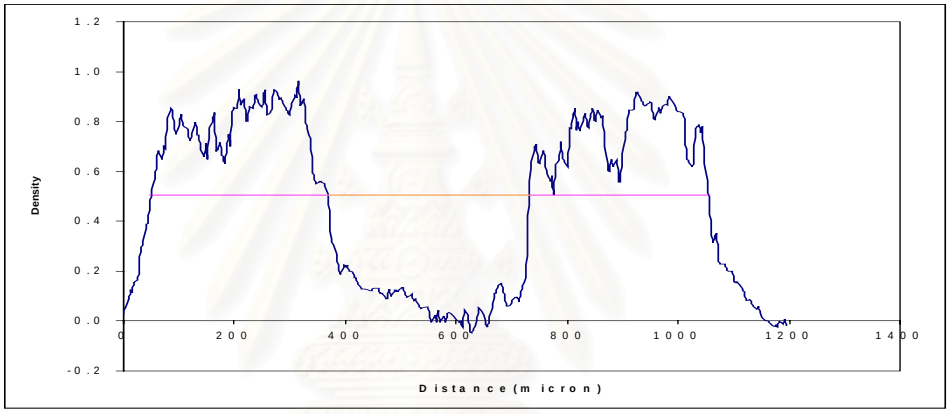


(ค) เครื่อง A-a Writer 3G, Xante′ ความละเอียด 1200 dpi

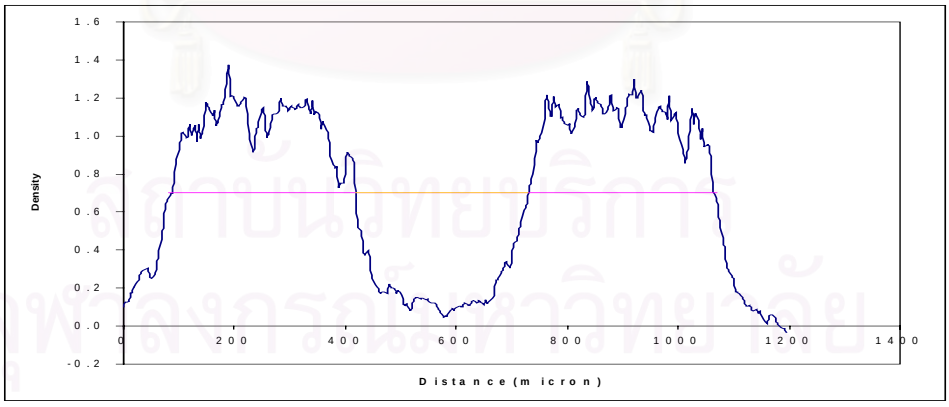
รูปที่ 4.47 การผลการวัดหัวตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน



(ก) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Pro ความละเอียด 360 dpi



(ค) (ข) เครื่องพิมพ์ Canon BJC-8500 ความละเอียด 720 dpi



(ค) เครื่องพิมพ์ Epson Stylus Photo 700 ความละเอียด 1440 dpi

รูปที่ 4.48 ผลการวัดหัวตัวอักษร “ถ” ขนาด 20 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี ที่ความละเอียดต่างกัน

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ลักษณะหัวตัวอักษร ถ ข ด และ พ ขนาด 10 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี เครื่องพิมพ์พ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพ

ชนิดเครื่องพิมพ์	หัวตัวอักษร							
	ถ		ข		ด		พ	
	%Hr	ΔHr	%Hr	ΔHr	%Hr	ΔHr	%Hr	ΔHr
laser Writer Select 360	5.33	16.25	1.91	23.91	7.77	17.43	8.35	13.06
Laser Writer Pro 630	7.91	13.67	11.25	14.57	15.14	10.06	12.81	8.60
A-a Writer 3G,	9.82	11.76	12.86	7.60	19.38	5.82	13.44	7.97
Epson Stylus Pro	1.83	19.75	4.76	21.06	2.89	22.31	6.66	14.75
Canon BJC-8500	0.00	21.58	0.00	25.82	0.00	25.20	0.00	21.41
Epson Stylus Photo 700	0.00	21.58	3.86	21.96	1.17	24.03	0.55	20.86
Linotype-Hell AG	22.62	1.04	28.86	3.04	26.53	1.33	21.98	0.57

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ลักษณะหัวตัวอักษร ถ ข ด และ พ ขนาด 16 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีเครื่องพิมพ์พ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพ

ชนิดเครื่องพิมพ์	หัวตัวอักษร							
	ถ		ข		ด		พ	
	%Hr	ΔHr	%Hr	ΔHr	%Hr	ΔHr	%Hr	ΔHr
laser Writer Select 360	12.03	9.55	8.18	17.64	14.92	10.28	13.16	8.25
Laser Writer Pro 630	17.07	4.51	21.05	4.77	20.39	4.81	16.73	4.68
A-a Writer 3G,	16.78	4.80	21.63	4.19	22.74	2.46	17.83	3.58
Epson Stylus Pro	7.23	14.35	14.97	10.85	16.89	8.31	11.03	10.38
Canon BJC-8500	11.81	9.77	11.78	14.04	11.80	13.40	8.44	12.97
Epson Stylus Photo 700	6.54	15.04	2.37	23.45	5.41	19.79	4.70	16.71
Linotype-Hell AG	22.90	1.32	26.02	0.20	26.05	0.85	23.07	1.66

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ลักษณะหัวตัวอักษร ถ ข ด และ พ ขนาด 20 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีเครื่องพิมพ์พ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพ

ชนิดเครื่องพิมพ์	หัวตัวอักษร							
	ถ		ข		ด		พ	
	%Hr	ΔHr	%Hr	ΔHr	%Hr	ΔHr	%Hr	ΔHr
laser Writer Select 360	12.43	9.15	16.31	9.51	18.44	6.76	14.16	7.25
Laser Writer Pro 630	19.34	2.24	22.85	2.97	21.53	3.67	19.55	1.86
A-a Writer 3G,	18.34	3.24	24.89	0.93	23.65	1.55	20.18	1.23
Epson Stylus Pro	12.84	8.74	12.88	12.94	6.72	18.48	13.62	7.79
Canon BJC-8500	5.67	15.91	6.66	19.16	7.45	17.75	9.34	12.07
Epson Stylus Photo 700	9.82	11.76	10.45	15.37	9.27	15.93	9.83	11.58
Linotype-Hell AG	21.88	0.30	25.41	0.41	25.75	0.55	21.84	0.43

% hr : % พื้นที่ส่วนโปร่งของหัวตัวอักษร Δ hr : ความแตกต่างระหว่าง % พื้นที่ของหัวตัวอักษรต้นฉบับและหัวตัวอักษรที่ได้จากเครื่องพิมพ์ % พื้นที่ส่วนโปร่งของหัวตัวอักษรต้นฉบับ : ถ = 21.58 %, ข = 25.82 %, ด = 21.58 % และ พ = 21.41 %

จากตารางที่ 4.8-4.10 พบว่าความแตกต่างของ % พื้นที่ส่วนโปร่งของหัวตัวอักษรต้นฉบับและหัวตัวอักษรที่ได้จากเครื่องฉายแสงมีค่าน้อยที่สุด นั้นแสดงว่า เครื่องฉายแสงพิมพ์หัวตัวอักษรได้ใกล้เคียงกับต้นฉบับมากที่สุด สำหรับผลที่ได้จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี พบว่า ความแตกต่างระหว่าง % พื้นที่ส่วนโปร่งของหัวตัวอักษรต้นฉบับและหัวตัวอักษรที่ได้จากเครื่องพิมพ์ที่มีความละเอียด 300 จุดต่อนิ้ว มีค่ามากกว่าผลที่ได้จากเครื่องพิมพ์ที่มีความละเอียด 600 และ 1200 จุดต่อนิ้ว แสดงว่าที่ความละเอียดต่ำเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีพิมพ์หัวตัวอักษรได้คลาดเคลื่อนจากต้นฉบับมากกว่าเครื่องพิมพ์ที่มีความละเอียดสูง ในขณะที่ผลที่ได้จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างความละเอียดของเครื่องพิมพ์กับ Δ Hr ได้ เนื่องจากเครื่องพิมพ์ใช้โปรแกรมควบคุมการพิมพ์มีการทำงานที่แตกต่างกัน และลักษณะเฉพาะของเครื่องพิมพ์ เมื่อพิจารณาขนาดตัวอักษรพบว่า เมื่อใช้เครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีเดียวกันพิมพ์หัวตัวอักษร ค่า ΔHr ของตัวอักษรที่มีขนาดเล็กกว่า แสดงว่าหัวตัวอักษรขนาดเล็กตันได้ง่ายกว่าหัวตัวอักษรขนาดใหญ่ แต่สำหรับเครื่องพิมพ์พ่นหมึกไม่สามารถสรุปได้ เนื่องจากขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของเครื่องพิมพ์ หมึกพิมพ์ที่ใช้ และการใช้โปรแกรมควบคุมการพิมพ์ที่แตกต่างกัน

4.2 การวิเคราะห์ตัวพิมพ์อักษรไทยโดยใช้ผู้สังเกตการณ์

นำแผ่นทดสอบที่ได้จากผู้สังเกตการณ์ที่มีอาชีพเตรียมก่อนพิมพ์ จำนวน 20 คน มาวิเคราะห์คุณภาพตัวอักษรที่ ตัวบวม หัวตัน อ่านออก

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ตัวอักษร ตัวบวม หัวตัน อ่านออก ของตัวอักษรที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี และเครื่องพิมพ์พ่นหมึก

ชนิดเครื่องพิมพ์	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอักษร													
	8		10		12		16		18		20		24	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
LaserWriter Select 360	64.3	15	70	11.4	71.3	5.8	75.3	2.9	76.7	3.5	80.7	7.2	83.7	3.5
Laser Writer Pro 630	68.3	17.2	74.7	12	75.7	6.5	77.3	2.3	77.7	1.5	74.3	0.6	82.7	4.7
A-a Writer 3G,	70.7	15.8	73.7	14.2	82.0	7.9	84.7	5.0	81	6.2	77.3	0.6	81.7	9
Epson Stylus Pro	48.3	13.6	51.7	8.1	62.3	3.8	76.3	4.5	77	7	77.7	9.2	79.7	8.5
Canon BJC-8500	46.7	8.4	52.3	7.4	58.3	8.5	64	11.1	64.7	9	63.3	10.7	68.3	10.3
Epson Stylus Photo 700	49	6.1	50	6.2	60.3	4.7	64	6.6	67	12.8	66	8.2	70.3	12.7

จากตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยของเครื่องพิมพ์ LaserWriter Select 360 มีค่าสูงขึ้นเมื่อตัวอักษรใหญ่ขึ้นเป็น 10 12 16 18 20 และ 24 พอยต์

เครื่องพิมพ์ Laser Writer Pro 630 ค่าเฉลี่ยจะสูงขึ้น แต่จะลดลงเมื่อตัวอักษรขนาด 20 พอยต์ คือจาก 68.3 74.7 75.7 77.3 77.7 74.3 และ 82.7 ซึ่งจะเป็นเช่นเดียวกับเครื่องพิมพ์ LaserWriter Select 360และ Laser Writer Pro 630

ค่าเฉลี่ยของเครื่อง Epson Stylus Pro ซึ่งเป็นเครื่องพิมพ์พ่นหมึก จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อตัวอักษรใหญ่ขึ้นเป็น 10 12 16 18 20 และ 24 พอยต์ และในแนวตั้งจะพบว่าที่ขนาดตัวอักษร 8 พอยต์ มีค่าเฉลี่ยของตัวพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี จะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่า (64.3 68.3 และ 70.3) ตัวพิมพ์พ่นหมึก (48.5 46.7 และ 49)

ผู้สังเกตการณ์จะเห็นว่าตัวอักษรที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี มีลักษณะตัวบางกว่าเครื่องพิมพ์พ่นหมึก

ตารางที่ 4.12 ผล T-test เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและเครื่องพิมพ์พ่นหมึกโดยเปรียบเทียบเครื่องพิมพ์เป็นคู่ ๆ ดังนี้

ชนิดเครื่องพิมพ์	**T-teest**																			
	8			**10**			**12**			**16**			**18**			**20**			**24**		
	$\bar{x}$	SD	**T***	$\bar{x}$	SD	**T**	$\bar{x}$	SD	**T**	$\bar{x}$	SD	**T**	$\bar{x}$	SD	**T**	$\bar{x}$	SD	**T**	$\bar{x}$	SD	**T**
LaserWriter Select 360	64.3	15.0	**9.48**	70.0	11.4	**18.48**	71.3	5.8	**2.18**	75.3	2.9	**-0.70**	76.7	3.5	**0.54**	80.7	7.2	**3.62**	83.7	3.5	**6.15**
Epson Stylus Pro	48.3	13.6		51.7	8.1		62.3	3.8		76.3	4.5		77.0	7.0		77.7	9.2		79.7	8.5	
Laser Writer Pro 630	68.3	17.2	**12.87**	74.7	12.0	**22.4**	75.7	6.5	**24.22**	77.3	2.3	**16.5**	77.7	1.5	**16.44**	74.3	0.6	**14.45**	82.7	4.7	**17.88**
Canon BJC-8500	46.7	8.4		52.3	7.4		58.3	8.5		64.0	11.1		64.7	9.0		63.3	10.7		68.3	10.3	
A-a Writer 3G,	70.7	15.8	**18.5**	73.7	14.2	**21.54**	82.0	7.9	**48.27**	84.7	5.0	**3.57**	81.0	6.2	**3.10**	77.3	0.6	**19.41**	81.7	9.0	**10.36**
Epson Stylus Photo 700	49.0	6.1		50.0	6.2		60.3	4.7		64.0	6.6		67.0	12.8		66.0	8.2		70.3	12.7	

*T คือ ค่าสถิติ T โดยใช้ขนาดตัวอย่าง 20 คน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 ผล T-test เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและเครื่องพิมพ์พ่นหมึกโดยเปรียบเทียบเครื่องพิมพ์เป็นคู่ ๆ ดังนี้

ชนิดเครื่องพิมพ์	T-teest													
	8		10		12		16		18		20		24	
	$\bar{x}$	T	$\bar{x}$	T	$\bar{x}$	T	$\bar{x}$	T	$\bar{x}$	T	$\bar{x}$	T	$\bar{x}$	T
LaserWriter Select 360	64.3	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ	70.0	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ	71.3	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ	75.3	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ	76.7	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ	80.7	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ	83.7	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
Epson Stylus Pro	48.3		51.7		62.3		76.3		77.0		77.7		79.7	
Laser Writer Pro 630	68.3	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ	74.7	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ	75.7	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ	77.3	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ	77.7	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ	74.3	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ	82.7	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
Canon BJC-8500	46.7		52.3		58.3		64.0		64.7		63.3		68.3	
A-a Writer 3G,	70.7	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ	73.7	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ	82.0	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ	84.7	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ	81.0	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ	77.3	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ	81.7	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
Epson Stylus Photo 700	49.0		50.0		60.3		64.0		67.0		66.0		70.3	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและเครื่องพิมพ์พ่นหมึก โดยใช้สถิติ T-test ที่

ระดับนัยสำคัญ α = 0.05 ขนาดตัวอย่าง 20 คน

ค่า T ที่ระดับนัยสำคัญ ที่ความเชื่อมั่น 95% (α = 0.05)

T .025,19 = -2.09

T .975,19 = 2.09

จากตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและเครื่องพิมพ์พ่นหมึก โดยเปรียบเทียบเครื่องพิมพ์เป็นคู่ ๆ ดังนี้

(ก) LaserWriter Select 360 และ Epson Stylus Pro จะพบว่าขนาดตัวอักษรที่ 16 และ 18 พอยต์ ที่ความละเอียด 300 dpi นั้นไม่ต่างกันเพราะตัวอักษรมีลักษณะตัวบางใกล้เคียงกัน โดยค่าเฉลี่ย 75.3, 76.3 ของขนาดตัวอักษร 16 พอยต์ และ 76.7 ,7 7 ของตัวอักษรขนาด 18 พอยต์นั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

(ข) Laser Writer Pro 630 และ Canon BJC-8500 พบว่าลักษณะตัวอักษรตั้งแต่ 8 พอยต์ขึ้นไปนั้นผู้สังเกตการณ์เห็นว่าตัวอักษรมีลักษณะตัวบางและตัวหนาแตกต่างกันโดยเฉพาะตัวอักษรขนาด 8 พอยต์ แต่เมื่อตัวอักษรมีขนาดใหญ่ขึ้นจะพบว่าขนาดของตัวอักษรยังพบว่ามีความแตกต่างกัน

(ค) A-a Writer 3G, และ Epson Stylus Photo 700 พบว่าขนาดตัวอักษรของเครื่องพิมพ์ที่มีความละเอียดมากขึ้นยังคงพบว่าสังเกตการณ์นั้นมองเห็นว่าตัวอักษรนั้นยังคงมีความแตกต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

5.1 การทดลองโดยใช้เครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ความดำตัวอักษรที่ได้จากเครื่องพิมพ์สร้างภาพ เครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี และเครื่องพิมพ์แบบพ่นหมึก พบว่าค่าความดำที่ได้เหมือนกันไม่ขึ้นอยู่กับความละเอียดของเครื่องพิมพ์หรือขนาดของตัวอักษร

2. เมื่อเปรียบเทียบความกว้างเส้นของตัวอักษรที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีกับต้นฉบับ (ตัวอักษรไทยที่สร้างด้วยโปรแกรมสร้างตัวอักษร) พบว่ามีความกว้างเส้นตัวอักษรที่ได้ใกล้เคียงกับต้นฉบับมากกว่าเครื่องพิมพ์พ่นหมึก

3. ลักษณะของหัวตัวอักษรไทยที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี เครื่องพิมพ์พ่นหมึก และเครื่องสร้างภาพ พบว่าเครื่องสร้างภาพมีหัวตัวอักษรใกล้เคียงกับต้นฉบับมากที่สุด ส่วนเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีที่ความละเอียดต่ำ (300 dpi) จะมีความคลาดเคลื่อนจากต้นฉบับมากกว่าเครื่องพิมพ์ที่มีความละเอียดสูง (600 และ 1200 dpi) สำหรับเครื่องพิมพ์แบบพ่นหมึกที่ความละเอียดทั้ง 3 ระดับ (360 720 และ 1440 dpi) หัวเริ่มตันตั้งแต่ขนาด 10 พอยต์ ลงมา

4. ความขรุขระของขอบตัวอักษร ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์สร้างภาพมีรอยหยักของความขรุขระสม่ำเสมอกว่าเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ส่วนเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ไม่สามารถสรุปจากรูปแบบของความขรุขระจากกราฟที่แสดงเป็นปริมาณได้

5.2 จากการประเมินผลตัวพิมพ์อักษรไทยโดยใช้ผู้สังเกตการณ์ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผู้สังเกตการณ์เห็นว่าคุณภาพตัวอักษรไทยที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีและตัวอักษรที่พิมพ์ได้จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึกให้คุณภาพตัวพิมพ์อักษรไทยดีขึ้นเมื่อขนาดตัวอักษรใหญ่ขึ้น

2. ผู้สังเกตการณ์เห็นว่าตัวอักษรไทยขนาด 16 18 พอยต์ ที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์เครื่อง Laser Writer Select 360 และ Epson Stylus Pro ให้คุณภาพตัวอักษรใกล้เคียงกัน

3. ผู้สังเกตการณ์เห็นว่า ตัวอักษรที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟีมีความคมชัดมากกว่าตัวอักษรที่พิมพ์ได้จากเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ขนาดตัวอักษร 12 พอยต์ ลงไป

5.3 ผลของการวัดด้วยเครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์กับการประเมินผลโดยผู้สังเกตการณ์พบว่าความกว้างตัวอักษรและหัวตัวอักษรมีความสอดคล้องกัน

ข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์คุณภาพตัวอักษรไทยที่ได้จากการพิมพ์อิเล็กทรอโฟโตกราฟี และเครื่องพิมพ์แบบพ่นหมึก เป็นเรื่องที่ไม่มีการศึกษามาก่อน งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการหาวิธีการวัดคุณภาพพื้นฐาน ยังคงมีปัจจัยอีกหลายประการที่ควรทำการศึกษา ในส่วนความขรุขระของขอบตัวอักษรที่ได้จากเครื่องพิมพ์ต่าง ๆ ยังมิได้มีการวิเคราะห์ จึงเป็นเรื่องที่สำคัญที่ควรทำการศึกษาต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. Dvorak, C. A., and Harmerly, J. R. Just-Noticeable Differnces for Text Quality Components. J. Appl. Photo. Eng. **9**: 98(1983)
2. Yamaguchi, C., and Takeuchi, M. Influence of Toner Particle Shape and Size on Electrophotographic Image Quality. J. Imaging. Sci. Technol. **40**: 436-438(1996).
3. ราชบัณฑิตยสถาน. โครงการพื้นฐานตัวอักษรไทย พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, 2540. หน้า 119-120.
4. ราชบัณฑิตยสถาน โครงการพื้นฐานตัวอักษรไทย พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, 2540. หน้า 132.
5. ราชบัณฑิตยสถาน. มาตรฐานโครงสร้างตัวอักษรไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์, 2540. หน้า 30-33.
6. Gruber, R. J., and Julian, P. C. Dry Toner Technology in Handbook of Imaging materials. New York: Marcel Dekker, 1991, pp 159-162.
7. สุดา เกียรติกำจรวงศ์. พอลิเมอร์ทางภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543. หน้า 278-279.
8. Gruber, R. J., and Julian, P. C. Dry Toner Technology in Handbook of Imaging materials. New York: Marcel Dekker, 1991, pp 163-182.
9. Poomtien, C., Hoshino, Y., and Kiatkamjornwong, S. Effect of Relation between Charge Control Agent Distribution on Toner and Charging Characteristics on Print Quality. J. Particulate Sci & Technol. **16**: 295-310 (1999)
10. สุดา เกียรติกำจรวงศ์. พอลิเมอร์ทางภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543. หน้า 332-335.
11. Sealow, W., Kiatkamjornwong, S., Watanabe, T., and Hoshino, Y. Dependence of Toner Charging Characteristics on Mixing Force. J. of Electrophotographic Society of Japan. **130**: 16-19(1999).
12. Yamaguchi, C., and Takeuchi, M. Influence of Toner Particle Shape and Size on Electrophotographic Image Quality. J. Imaging Sci Technol. **40**: 436-44(1996).
13. Andreottola, M. A. Ink Jet Technology in Handbook of Imaging Materials. New York: Marcel Dekker, 1991, pp 529-530.

14. Andreottola, M. A. Ink Jet Technology in Handbook of Imaging Materials. New York: Marcel Dekker, 1991, pp 548-549.

15. ราชบัณฑิตยสถาน. มาตรฐานโครงสร้างตัวอักษรไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์, 2540. หน้า 33.

16. ราชบัณฑิตยสถาน. มาตรฐานโครงสร้างตัวอักษรไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์, 2540. หน้า 48-79.

17. Prosise, J. How Bitmapped Fonts Work in How Computer Graphics Work. 1st California : Ziff-Davis Press, 1994. pp 66.

18. Tanaka, Y., and Abe, T. Quantitative Analysis of Quality Features. J. Imaging Sci Technol. **40**: 202-207(1987).

19. Edinger, J. R., and Morris, Y. A. Technique for Evaluating the Image of Electrophotographic Copies of Text by Superposition: Compiance. J. Imaging. Sci Technol. **32**: 216-220 (1996).

20. Dvorak, C. A., and Hamerly, J. R., Just-Noticeable Differences for Text Quality Components. J. of Appl. Photo. Eng. **9**: 97-100(1983).

21. Punnonen, J. The Difference in the output quality between a laser printer and a laser Imagesetter. INCA-FIEJ Research Association, 1991, pp 3-15.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Font : CU Tomlight Size : 8 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : LaserWriter Pro 630 Resolusion : 600 dpi

กฎฎ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรท.ยส

Font : CU Tomlight Size : 10 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : LaserWriter Pro 630 Resolusion : 600 dpi

กฎฎ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 12 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : LaserWriter Pro 630 Resolusion : 600 dpi

กฎฎ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 16 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : LaserWriter Pro 630 Resolusion : 600 dpi

กฎฎ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 18 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : LaserWriter Pro 630 Resolusion : 600 dpi

ก ฎ ฏ ถ – ข ช – ค ฅ ด ศ – ษ – ฝ พ ม – ฉ จ ฐ ร ท ย ส

ก ฎ ฏ ถ – ข ช – ค ฅ ด ศ – ษ – ฝ พ ม – ฉ จ ฐ ร ท ย ส

Font : CU Tomlight Size : 20 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : LaserWriter Pro 630 Resolusion : 600 dpi

ก ฎ ฏ ถ – ข ช – ค ฅ ด ศ – ษ – ฝ พ ม – ฉ จ ฐ ร ท ย ส

ก ฎ ฏ ถ – ข ช – ค ฅ ด ศ – ษ – ฝ พ ม – ฉ จ ฐ ร ท ย ส

Font : CU Tomlight Size : 24 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : LaserWriter Pro 630 Resolusion : 600 dpi

ก ฎ ฏ ถ – ข ช – ค ฅ ด ศ – ษ – ฝ พ ม – ฉ จ ฐ ร ท ย ส

ก ฎ ฏ ถ – ข ช – ค ฅ ด ศ – ษ – ฝ พ ม – ฉ จ ฐ ร ท ย ส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Font : CU Tomlight Size : 8 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : A-a Writer 3G Résolusion : 1200 dpi

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 10 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : A-a Writer 3G Resolusion : 1200 dpi

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 12 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : A-a Writer 3G Resolusion : 1200 dpi

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 16 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : A-a Writer 3G Resolusion : 1200 dpi

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 18 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : A-a Writer 3G Resolusion : 1200 dpi

ก ฎ ฏ ถ - ข ช - ค ฅ ด ศ - ษ - ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส

ก ฎ ฏ ถ - ข ช - ค ฅ ด ศ - ษ - ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส

Font : CU Tomlight Size : 20 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : A-a Writer 3G Resolusion : 1200 dpi

ก ฎ ฏ ถ - ข ช - ค ฅ ด ศ - ษ - ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส

ก ฎ ฏ ถ - ข ช - ค ฅ ด ศ - ษ - ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส

Font : CU Tomlight Size : 24 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : A-a Writer 3G Resolusion : 1200 dpi

ก ฎ ฏ ถ - ข ช - ค ฅ ด ศ - ษ - ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส

ก ฎ ฏ ถ - ข ช - ค ฅ ด ศ - ษ - ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Font : CU Tomlight Size : 8 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Epson Stylus pro Resolusion : 360 dpi

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 10 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Epson Stylus pro Resolusion : 360 dpi

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 12 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Epson Stylus pro Resolusion : 360 dpi

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 16 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Epson Stylus pro Resolusion : 360 dpi

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎถ-ขช-คคดศ-ษ-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 18 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Epson Stylus pro Resolusion : 360 dpi

ก ฎ ฏ ถ - ข ซ - ค ฅ ด ศ - ษ - ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส

ก ฎ ฏ ถ - ข ซ - ค ฅ ด ศ - ษ - ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส

Font : CU Tomlight Size : 20 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Epson Stylus pro Resolusion : 360 dpi

ก ฎ ฏ ถ - ข ซ - ค ฅ ด ศ - ษ - ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส

ก ฎ ฏ ถ - ข ซ - ค ฅ ด ศ - ษ - ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส

Font : CU Tomlight Size : 24 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Epson Stylus pro Resolusion : 360 dpi

ก ฎ ฏ ถ - ข ซ - ค ฅ ด ศ - ษ - ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส

ก ฎ ฏ ถ - ข ซ - ค ฅ ด ศ - ษ - ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส

Font : CU Tomlight Size : 8 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Canon BJC-8500 Resolusion : 720 dpi

กฎฎ-ขช-คคดศ-ช-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎ-ขช-คคดศ-ช-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 10 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Canon BJC-8500 Resolusion : 720 dpi

กฎฎ-ขช-คคดศ-ช-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎ-ขช-คคดศ-ช-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 12 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Canon BJC-8500 Resolusion : 720 dpi

กฎฎ-ขช-คคดศ-ช-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎ-ขช-คคดศ-ช-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 16 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Canon BJC-8500 Resolusion : 720 dpi

กฎฎ-ขช-คคดศ-ช-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎ-ขช-คคดศ-ช-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 18 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Canon BJC-8500 Resolusion : 720 dpi

ก ฎ ฏ ถ - ข ช - ค ค ด ศ - ษ - ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส

ก ฎ ฏ ถ - ข ช - ค ค ด ศ - ษ - ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส

Font : CU Tomlight Size : 20 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Canon BJC-8500 Resolusion : 720 dpi

ก ฎ ฏ ถ - ข ช - ค ค ด ศ - ษ - ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส

ก ฎ ฏ ถ - ข ช - ค ค ด ศ - ษ - ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส

Font : CU Tomlight Size : 24 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Canon BJC-8500 Resolusion : 720 dpi

ก ฎ ฏ ถ - ข ช - ค ค ด ศ - ษ - ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส

ก ฎ ฏ ถ - ข ช - ค ค ด ศ - ษ - ฝ พ ม - ฉ จ ฐ ร ท ย ส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Font : CU Tomlight Size : 8 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Epson Stylus Photo 700 Resolusion : 1440 dpi

กฎฎ-ขช-คคดศ-ช-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎ-ขช-คคดศ-ช-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 10 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Epson Stylus Photo 700 Resolusion : 1440 dpi

กฎฎ-ขช-คคดศ-ช-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎ-ขช-คคดศ-ช-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 12 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Epson Stylus Photo 700 Resolusion : 1440 dpi

กฎฎ-ขช-คคดศ-ช-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎ-ขช-คคดศ-ช-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 16 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Epson Stylus Photo 700 Resolusion : 1440 dpi

กฎฎ-ขช-คคดศ-ช-ฝพม-ฉจฐรทยส

กฎฎ-ขช-คคดศ-ช-ฝพม-ฉจฐรทยส

Font : CU Tomlight Size : 18 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Epson Stylus Photo 700 Resolusion : 1440 dpi

ก ฎ ฏ ถ - ข ฃ - ค ฅ ฆ ศ - ษ - ฝ พ ม - ฯ จ ฐ ร ท ย ส

ก ฎ ฏ ถ - ข ฃ - ค ฅ ฆ ศ - ษ - ฝ พ ม - ฯ จ ฐ ร ท ย ส

Font : CU Tomlight Size : 20 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Epson Stylus Photo 700 Resolusion : 1440 dpi

ก ฎ ฏ ถ - ข ฃ - ค ฅ ฆ ศ - ษ - ฝ พ ม - ฯ จ ฐ ร ท ย ส

ก ฎ ฏ ถ - ข ฃ - ค ฅ ฆ ศ - ษ - ฝ พ ม - ฯ จ ฐ ร ท ย ส

Font : CU Tomlight Size : 24 point	Application : Pagemaker 6.5 Alignment : Centre	Print : Laser Writer Selec Resolusion : 1440 dpi

ก ฎ ฏ ถ - ข ฃ - ค ฅ ฆ ศ - ษ - ฝ พ ม - ฯ จ ฐ ร ท ย ส

ก ฎ ฏ ถ - ข ฃ - ค ฅ ฆ ศ - ษ - ฝ พ ม - ฯ จ ฐ ร ท ย ส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาวมุกดา สวัสดิ์วงศ์ไชย เกิดวันที่ 10 พฤษภาคม 2507 ที่จังหวัดมุกดาหาร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขา โสตทัศนศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ปีการศึกษา 2532 และเข้าปฏิบัติงานที่บริษัทอักษรเจริญทัศน์ ถึงพุทธศักราช 2540 เข้าศึกษาต่อที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย