โครงการ

การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การวัดความลึกรอยกดบนกระดาษของปากกาลูกลื่น โดยใช้เงาจากแสงอินฟราเรด
IR-Based Technique for Examination of Writing Strokes

ชื่อนิสิต นางสาวศุทธินี มณีทัพ **เลขประจำตัว** 5833440023

ภาควิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2562

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายงานโครงงานนิสิตชั้นปีที่ 4

เรื่อง

การวัดความลึกรอยกดบนกระดาษของปากกาลูกลื่น โดยใช้เงาจากแสงอินฟราเรด

โดย

นางสาวศุทธินี มณทีพ

รหัสนิสิต 583 34400 23

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงษ์ ทรงพงษ์

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2562

หัวข้อโครงงาน	การวัดความลึกรอยกดบนกระดาษของปากกาลูกลื่น โดยใช้เงาจากแสงอินฟราเรด
ผู้จัดทำโครงงาน	นางสาวศุทธินี มณีทัพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์ ทรงพงษ์
ภาควิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2562

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาฟิสิกส์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2562

คณะกรรมการได้ตรวจและรองรับรายงานฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร. สมฤทธิ์ วงศ์มณีโรจน์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ต้นพงศ์ แก้วคงคา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์ ทรงพงษ์)

หัวข้อโครงงาน	การวัดความลึกรอยกดบนกระดาษของปากกาลูกลื่น โดยใช้เงาจากแสงอินฟราเรด
ผู้จัดทำโครงงาน	นางสาวศุทธินี มณีทัพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์ ทรงพงษ์
ภาควิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2562

.....

บทคัดย่อ

โครงการนี้ได้ทำการวัดความลึกของรอยกดจากปากกาลูกลื่นบนกระดาษโดยใช้ความยาวเงาจากภาพที่ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์มือถือ รอยกดบนกระดาษจะถูกฉายด้วยแสงจากหลอดแอลอีดี โดยใช้หลอดแอลอีดีชนิดแสงขาวฉายในทิศเดียวกับกล้องจุลทรรศน์มือถือ บันทึกเป็นภาพที่หนึ่ง ใช้หลอดแอลอีดีชนิดรังสีอินฟราเรดฉายจากด้านซ้ายและด้านบน บันทึกเป็นภาพที่สองและสาม ต่อมาภาพทั้งสามจะถูกนำมาประมวลผลด้วยโปรแกรม Gimp ซึ่งจะทำการเปลี่ยนภาพให้เป็นสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงินตามลำดับ จากนั้นนำทั้งสามภาพมารวมกัน และวิเคราะห์เงาที่เกิดขึ้น โดยจากการทดลองเขียนอักขระ จ. และ บ. พบว่า ความลึกของรอยกดจากการวิเคราะห์เงาบริเวณจรดสุดท้ายของอักขระ จ. มีค่า 0.069±0.039 มิลลิเมตร และบริเวณขอบล่างของอักขระ บ. มีค่า 0.073±0.040 มิลลิเมตร นอกจากนี้ยังสามารถใช้เงาที่เกิดขึ้นมาใช้ในการเปรียบเทียบรอยอักขระของแต่ละบุคคลได้เพื่อนำไปประยุกต์ในการตรวจสอบลายมือชื่อ

Title IR-Based Technique for Examination of Writing Strokes

Name Suttinee Maneetup

Adviser Asst. Prof. Pong Songpongs

Major Physics

Academic year 2019

.....

Abstract

This project measures the depth of writing strokes from a ballpoint pen on paper, using the length of shadow from mobile microscope images. The writing strokes are illuminated with LEDs. The first image is taken with a white-light LED illuminating from the same direction as that of the microscope. The second and third images are taken with an infrared LED illuminating from the left and upper sides respectively. Then, the images are processed with Gimp, by which the images are converted into red, green, and blue respectively. The three images are combined, and the shadow of the combined image is analyzed. From the writing strokes of "จ" and "บ" alphabets, it is found that the depth of the stroke at the top final part of "จ"is 0.069±0.039 mm and the depth of the stroke at the bottom part of "บ" is 0.073±0.040 mm. Moreover, the shadow of writing strokes can be used to compare writing characteristics of each person and applied for signature verification.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงษ์ ทรงพงษ์ ที่ช่วยดูแลให้คำปรึกษา ให้ความรู้ จัดหาอุปกรณ์ต่างๆในการทดลองและคำแนะนำสำหรับแนวทางในการดำเนินงานที่ดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต้นพงศ์ แก้วคงคา และ อ.สมฤทธิ์ วงศ์มณีโรจน์ ที่ได้กรุณาสละเวลามาเป็นกรรมการตรวจสอบรวมทั้งให้คำแนะนำ พร้อมทั้งให้ความสนใจในการตรวจสอบและแก้ไขโครงงาน

ขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ให้ความรู้ให้คำแนะนำ ฝึกให้คิดเป็นแก้ปัญหาเป็น

ขอบคุณนายเฉลิมวุฒิ ชำนาญฉา พนักงานประจำห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ที่สละเวลาให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และจัดหาอุปกรณ์เครื่องมือในการทำโครงงาน ให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอบคุณนางสาวชัญญนิษฐ์ สุวรรณกุลภัทร์ นายณัฐจักษ์ พลเสน นางสาวกาญจนา อรุณเรือง นายอภิมุข สรแสง และเพื่อนๆตลอดจนรุ่นพี่ รุ่นน้อง และครอบครัวที่คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา และคอยให้กำลังใจในการทำโครงงานนี้

นางสาวศุทธินี มณีทัพ

นิสิตผู้รับผิดชอบโครงงาน

สารบัญ

บทคัดย่อ.....i

Abstract ii

กิตติกรรมประกาศ iii

บทที่ 1 1

บทนำ..... 1

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 3

1.การคำนวณความลึกของรอยกด.....4

2. แสงขาว.....5

3. รังสีอินฟราเรด.....6

4. ทฤษฎีแสงสี.....6

บทที่ 3_การออกแบบการทำงานและขั้นตอนการทำงาน 8

1.วัสดุอุปกรณ์..... 8

2.ขั้นตอนการทดลอง.....9

บทที่ 4 ผลการทดลอง 16

ตอนที่ 1 ทดลองถ่ายภาพการเขียนในรูปแบบต่างๆ.....16

ตอนที่ 2 ทดลองหาระยะห่างที่เหมาะสมในการให้แสงอินฟราเรด.....18

ตอนที่ 3 ทดลองนำภาพสีขาวและสีดำมาวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Gimp.....24

ตอนที่ 4 นำภาพที่ถ่ายมาวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Gimp.....26

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง ปัญหาและข้อเสนอแนะ 33

บรรณานุกรม ..... .35

ภาคผนวก..... 36

ภาคผนวก ก.....36

ภาคผนวก ข.....41

บทที่ 1

บทนำ

ปัญหาและความสำคัญ

การปลอมแปลงลายมือชื่อของผู้อื่นโดยไม่ได้รับความยินยอม จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อผู้อื่นได้ ทั้งยังส่งผลให้ผู้ที่กระทำการปลอมแปลงลายมือชื่อต้องโทษตามกฎหมายอีกด้วย ซึ่งการตรวจสอบนั้นค่อนข้างซับซ้อนเนื่องจากต้องตรวจสอบหลายขั้นตอน เช่น การจรดปากกา น้ำหนักมือในการกด ความเอนเอียงของตัวอักษร ขนาดตัวอักษร ช่องไฟและแนวเส้นระดับบรรทัดในการเขียน เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ผู้ดำเนินโครงการจึงสนใจที่จะประดิษฐ์เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความลึกของรอยกดบนกระดาษ ซึ่งความลึกของรอยกดเป็นลักษณะเฉพาะของตัวบุคคล ทั้งนี้ผู้ดำเนินโครงการได้ไปศึกษาหาข้อมูลเพิ่มเติม และพบว่ามีเครื่องมือที่ใช้ดูความลึกของรอยกดแต่เครื่องมือมีขนาดใหญ่ เคลื่อนย้ายได้ยาก ต้องการพื้นที่ค่อนข้างมาก จึงทำให้ยากต่อการใช้งานในสถานที่ทั่วไป ผู้ดำเนินโครงการจึงเห็นถึงปัญหาที่บุคคลทั่วไปไม่สามารถเข้าถึงเครื่องมือได้ จึงต้องการประดิษฐ์เครื่องมือที่มีขนาดกะทัดรัด พกพาได้ง่าย และใช้เพียงโปรแกรม Gimp ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เนื่องจากแรงกดในการเขียนเป็นลักษณะเฉพาะบุคคล และสามารถใช้ในการตรวจสอบการปลอมแปลงลายมือชื่อได้ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดแรงกดจากการเขียนจึงจำเป็นอย่างยิ่งในงานทางนิติวิทยาศาสตร์ โดยทั่วไปแล้วการวัดแรงกดอาจทำได้โดย การวัดจากขนาดของเส้นอักษร การวัดจากความเข้มของสีของเส้นอักษร และการวัดจากความลึกของเส้นอักษร อย่างไรก็ดีการวัดโดยใช้ขนาดและความเข้มของเส้นอักษรอาจให้ข้อมูลที่สับสนและก่อให้เกิดความผิดพลาดได้ง่าย การวัดความลึกของเส้นอักษรกระทำโดยการวัดความเข้มของเงาของเส้นอักษร ทั้งนี้การวัดความเข้มของเงาจะต้องคำนึงถึงแสงที่ใช้ด้วย การใช้แสงปกติจะทำให้สีของหมึกทับกับเงาที่เกิดขึ้นและทำให้วิเคราะห์ความเข้มได้ยากและเกิดความผิดพลาด การใช้รังสีอินฟราเรดเป็นทางเลือกที่ดีกว่าเนื่องจากสีของหมึกส่วนใหญ่จะโปร่งแสงภายใต้รังสีอินฟราเรด ทำให้ได้ข้อมูลของเงาที่ชัดเจน

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.เพื่อหาวิธีที่สามารถใช้วัดความลึกและเปรียบเทียบของรอยกดปากกาลูกลื่นบนกระดาษ

2.เพื่อออกแบบอุปกรณ์ที่มีขนาดกะทัดรัดและพกพาสะดวก

ระเบียบวิธีวิจัย

1.ศึกษาเกณฑ์การตรวจสอบเอกสารทางนิติวิทยาศาสตร์ โดยศึกษาจากเอกสารมาตรฐานของ Scientific Working Group for Forensic Document Examination

2.อ่านและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับการพิจารณาน้ำหนักของลายมือด้วยรังสีอินฟราเรด

3.ศึกษาเกี่ยวกับรังสีอินฟราเรด

4.ออกแบบวงจรเพื่อให้ได้รังสีอินฟราเรดจากหลอดแอลอีดีที่มีความสม่ำเสมอ

5.ออกแบบการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์สำหรับการถ่ายภาพทดลอง

6.ทำการทดลองถ่ายภาพการเขียนในรูปแบบต่างๆ

7.ศึกษาการใช้โปรแกรม Gimp

8.วิเคราะห์และอธิบายผลที่ได้จากการทดลองด้วยโปรแกรม Gimp และหาความสัมพันธ์เพื่อหาความลึกของรอยกดที่เกิดจากการเขียนโดยปากกาลูกลื่น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ฝึกทักษะในการออกแบบการทดลอง ฝึกความอดทน และการใช้โปรแกรม

2. จากการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ จะช่วยเป็นข้อมูลประกอบในการตัดในการตัดสินใจแก่ผู้ที่มีหน้าที่ตรวจสอบลายมือชื่อ

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ใช้เทคนิคการพิจารณาน้ำหนักของลายมือด้วยแสงอินฟราเรด[1] เนื่องจากแรงกดในการเขียนเป็นลักษณะเฉพาะบุคคล และสามารถใช้ในการตรวจสอบการปลอมแปลงลายมือชื่อได้ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดแรงกดจากการเขียนจึงจำเป็นอย่างยิ่งในงานทางนิติวิทยาศาสตร์ โดยทั่วไปแล้วการวัดแรงกดอาจทำได้โดย การวัดจากขนาดของเส้นอักษร การวัดจากความเข้มของสีของเส้นอักษร และการวัดจากความลึกของเส้นอักษร อย่างไรก็ดีการวัดโดยใช้ขนาดและความเข้มของเส้นอักษรอาจให้ข้อมูลที่สับสนและก่อให้เกิดความผิดพลาดได้ง่าย การวัดความลึกของเส้นอักษรกระทำโดยการวัดความเข้มของเงาของเส้นอักษร ทั้งนี้การวัดความเข้มของเงาจะต้องคำนึงถึงแสงที่ใช้ด้วย การใช้แสงปกติจะทำให้สีของหมึกทับกับเงาที่เกิดขึ้นและทำให้วิเคราะห์ความเข้มได้ยากและเกิดความผิดพลาด การใช้รังสีอินฟราเรดเป็นทางเลือกที่ดีกว่าเนื่องจากสีของหมึกส่วนใหญ่จะโปร่งแสงภายใต้รังสีอินฟราเรด ทำให้ได้ข้อมูลของเงาที่ชัดเจน

รูปที่ 2.1 : อุปกรณ์ Infrared Detection Apparatus (IRDA)

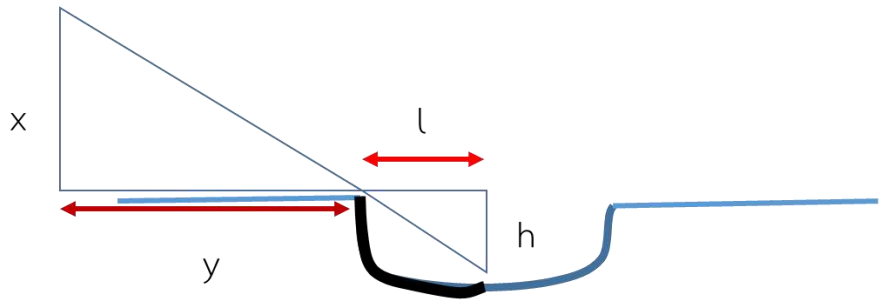
มีการใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Infrared Detection Apparatus (IRDA) [1] เพื่อวัดแรงกดและความลึกของเส้นอักษร โดยดูจากความเข้มของเงาจากรังสีอินฟราเรด โดยอุปกรณ์นี้สามารถปรับความเข้มของแสง มุมของการฉายแสง และทิศทางที่ฉายแสงได้ ทั้งนี้งานวิจัยระบุว่า มุมของการฉายแสงควรมีค่าไม่มากหรือน้อยจนเกินไป หากมุมมีค่ามาก contrast ของเงาและพื้นหลังจะไม่ชัดเจน หากมุมมีค่าน้อยจะมีการรบกวนที่เกิดจากความขรุขระของกระดาษ (background noise) โดยทั่วไปแล้วมุมของการฉายแสงที่ดีจะมีค่าอยู่ระหว่าง

3 ถึง 8 องศา นอกจากนี้การฉายแสงควรทำจากทุกทิศทางเพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากรอยยับของกระดาษและทิศทางของเงาที่เกิดขึ้น

จากสมมติฐานว่า ความลึกของเส้นอักษรแปรผันตามแรงกด งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าแรงกดและความลึกมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับความเข้มของเงาที่เกิดจากรังสีอินฟราเรด การทดลองทำโดยเขียนเส้นวงกลมโดยใช้แรงกด 22.4, 36.8, 44.9, 51.6, 60.5, 65.5, 68.2 และ 71.8 kp/cm^2 จากนั้นนำภาพส่วนของวงกลมที่ฉายด้วยรังสีอินฟราเรดมาวิเคราะห์การกระจายความเข้มด้วยโปรแกรม Photoshop CS2 เพื่อหาความเข้มของเงา เมื่อสร้างกราฟระหว่างความเข้มของเงาและแรงกดจะได้กราฟเป็นเส้นตรง[1]

1.การคำนวณความลึกของรอยกด

รูปสามเหลี่ยมสองรูปจะเรียกว่าคล้ายกัน ถ้ารูปหนึ่งสามารถขยายได้เป็นอีกรูปหนึ่ง และจะเป็นกรณีนี้ก็ต่อเมื่อมุมที่สมนัยกันมีขนาดเท่ากัน ซึ่งรูปสามเหลี่ยมที่คล้ายกัน ด้านแต่ละด้านจะเป็นสัดส่วนกัน อัตราส่วนระหว่างด้านที่ยาวที่สุดและด้านที่สั้นที่สุดของรูปสามเหลี่ยมแรก จะเท่ากับ อัตราส่วนระหว่างด้านที่ยาวที่สุดและด้านที่สั้นที่สุดของรูปสามเหลี่ยมอีกรูปด้วย



รูปที่ 2.2 : แบบจำลองรอยกดจากปากกาลูกลื่นบนกระดาษ

จาก

$$\frac{\text{ระดับความสูงของไส้หลอดแอลอีดี}}{\text{ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของตัวอักษรที่เขียนไปยังหลอดแอลอีดี}} = \frac{\text{ความลึกของรอยกด}}{\text{ความยาวของเงาที่ทอดไป}} \qquad (1)$$

เมื่อ x = ระดับความสูงของไส้หลอดแอลอีดี

y = ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของตัวอักษรที่เขียนไปยังหลอดแอลอีดี

h = ความลึกของรอยกด

l = ความยาวของเงาที่ทอดไป

จะได้ว่า

$$\frac{x}{y} = \frac{h}{l} \qquad (2)$$

$$h = \frac{xl}{y} \qquad (3)$$

นอกจากนี้เพื่อความสะดวก จะทำการวัดความยาวที่ทอดไปในหน่วยพิกเซล

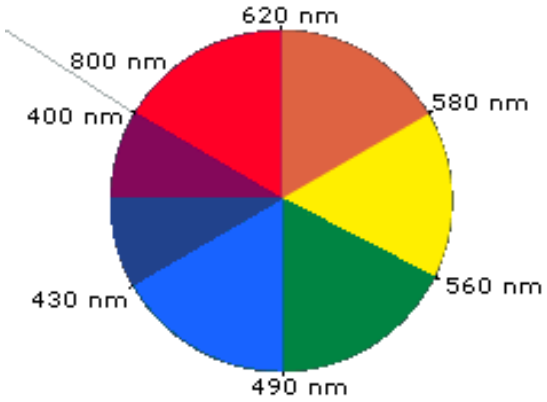
เมื่อ $$\alpha = \frac{1 \text{ มิลลิเมตร}}{\text{จำนวนช่องพิกเซลต่อ } 1 \text{ มิลลิเมตร}} \qquad (4)$$

จะได้ว่า $$h = \frac{x\alpha}{y} l(\text{พิกเซล}) \qquad (5)$$

2.แสงขาว[5]

แสงขาวหรือแสงที่มองเห็นได้นั้นประกอบด้วยแสงสีที่รวมกันเรียกว่า สเปกตรัม ประกอบด้วยเจ็ดสี ได้แก่ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง ส้ม แดง โดยสีม่วงจะมีความยาวคลื่นที่สั้นที่สุด และสีแดงมีความยาวคลื่นยาวที่สุด

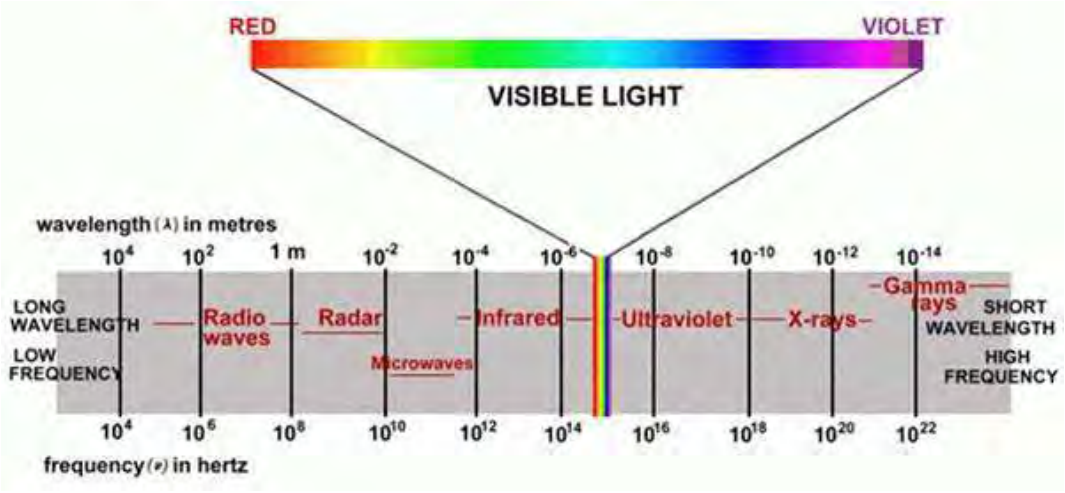
คลื่นแสงที่ตาของมนุษย์สามารถมองเห็นได้อยู่ในช่วงประมาณ 400-800 nm ถ้านัยน์ตาถูกกระตุ้นด้วยแสงตลอดทั้งช่วงความยาวคลื่น (400-800 nm) ผลก็คือจะมองเห็นแสงนั้นเป็นแสงขาว แต่ถ้าคลื่นแสงถูกดูดกลืนแสงไปบางส่วน แสงที่ตามองเห็นจะเป็นสีผสม (complementary) หรือสีที่อยู่ตรงข้ามของสีที่ ถูกดูดกลืนเมื่อเทียบตามวงล้อสี



รูปที่ 2.3 : วงล้อคู่สีตรงข้ามในแต่ละช่วงคลื่นความยาว

3.รังสีอินฟราเรด[6]

รังสีอินฟราเรด มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 0.75-100 ไมโครเมตร หรือในช่วงความถี่ 1,011 – 1,014 เฮิรตซ์ หรืออยู่ในช่วงระหว่างแสงสีแดงกับคลื่นวิทยุ



รูปที่ 2.4 : แผนภาพแสดงช่วงคลื่น

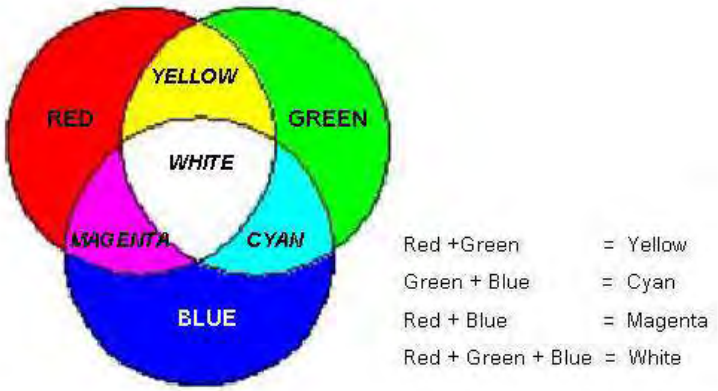
4.ทฤษฎีสีแสง[7]

ทฤษฎีสี (Theory of Color) หมายถึง ทฤษฎีของแม่สี ที่เป็นต้นกำเนิด ของการผสมสีเพื่อให้เกิดเป็นสีต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้สร้างงานด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะการนำไปใช้ในงานออกแบบทัศนศิลป์ทุกสาขา ทฤษฎีสีที่เกี่ยวข้องกับ งานออกแบบทัศนศิลป์ สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ ทฤษฎีสีแสง (Light Color) การผสมของสีประเภทนี้ เป็นการผสมสีแสง เรียกว่า การผสมแบบบวก (Additive Mixing) และทฤษฎีสีวัตถุธาตุ (Pigmentary Color) การผสมของสีประเภทนี้เป็น การผสมของรงควัตถุ (Pigment) เรียกว่าการผสมแบบลบ (Subtractive Mixing) ซึ่งจะได้กล่าวถึงตามลำดับ ดังต่อไปนี้

ทฤษฎีสีแสง (Light Color) มีชื่อเรียกอีกหลายชื่อ เช่น แม่สีบวก (Additive Color) แม่สีของนักวิทยาศาสตร์ (Scientific Color) หรือแม่สีแสงสีประเภทนี้เป็นเรื่อง ที่เกี่ยวพันกันระหว่าง สี ความร้อน และแสง จากการค้นพบของ เซอร์ ไอแซค นิวตัน พบว่าแสงอาทิตย์มีสีต่างๆ รวมกันอยู่ เมื่อให้แสงอาทิตย์ส่องผ่านแท่งแก้ว รูปสามเหลี่ยม (Prism) แสงที่ผ่านออกมาอีกด้านหนึ่งจะมี 7 สี คือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง และถ้านำสีทั้ง 7 นี้ มาเรียงบนวงกลมนำไปหมุนเร็วๆ บนแป้นหมุน จะเห็นสี ทั้ง 7 รวมกันเป็นสีขาว แสดงให้เห็นว่า แสงในธรรมชาตินั้นมีอยู่ถึง 7 สี แต่รวมกันอยู่ เรียกว่า Spectrum ซึ่งแม่สีบวก (Additive Color) หรือแม่สีวิทยาศาสตร์ มี 3 สี คือ

1. สีแดง (Red, R)
2. สีเขียว (Green, G)
3. น้ำเงิน (Blue, B)

การผสมสีแบบบวก (Additive Color Mixing) เป็นรูปแบบการผสมของแสง ไม่ใช่การผสมของวัตถุ ที่มีสี บนกระดาษ เนื่องจากแสงสีขาวประกอบด้วยลำแสงที่มีสีต่าง ๆ ตามความยาวคลื่นแสง ความยาวคลื่นแสงพื้นฐานได้แก่ สีแดง เขียว และน้ำเงิน เมื่อคลื่นแสงเหล่านี้มีการซ้อนทับกัน ก็จะก่อให้เกิดการบวก และรวมตัวกันของความยาวคลื่นแสง จึงเป็นที่มาของชื่อ “สีแบบบวก” (Additive Color) แสงหรือแม่สีทั้งสามนี้ เป็นสีขั้นต้น เมื่อผสมเข้าด้วยกันเป็นคู่ หรือการผสมสีแบบบวก (Additive Mixing) จะได้สีขั้นที่สอง ดังนี้



รูปที่ 2.5 : การผสมสีแบบบวก

แสงสีแดง ผสมแสงสีเขียว จะได้สีเหลือง

แสงสีเขียว ผสมแสงสีน้ำเงิน จะได้สีน้ำเงินแกมเขียว

แสงสีแดง ผสมแสงสีน้ำเงิน จะได้สีแดงแกมม่วง

เมื่อนำแสงหรือแม่สีทั้งสามสีมาผสมกันเข้าจะได้แสงสีขาว สื่อหรืองานออกแบบใด ๆ ก็ตามที่มีการใช้แสงส่อง ออกมาอย่าง เช่น จอโปรเจคเตอร์ (Movie Projector) ทีวี มอนิเตอร์สำหรับคอมพิวเตอร์ รวมทั้งการออกแบบ แสงสี บนเวทีสำหรับการแสดง ละคร ภาพยนตร์ ก็ใช้กฎของการผสมสีแบบบวกนี้

บทที่ 3

การออกแบบการทำงานและขั้นตอนการทำงาน

1. วัสดุอุปกรณ์

- กระดาษถ่ายเอกสาร A4 80 แกรม
- กรรไกร
- ไม้บรรทัด
- ปากกาลูกลื่นสีน้ำเงินที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ม.ม. ยี่ห้อ Quantum
- แหล่งจ่ายไฟ
- หลอดแอลอีดีชนิดอินฟราเรด
- ตัวต้านทาน 100 โอห์ม
- แผ่นต่อวงจร
- สายไฟ
- เทปกาวผ้า
- ฐานรองเพื่อให้กระดาษเรียบขณะใช้กล้องถ่ายภาพ
- ที่ปรับระดับความสูงกล้องจุลทรรศน์มือถือ
- กล้องจุลทรรศน์มือถือ
- ฐานรองเพื่อประคองกล้อง

2. ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองจะแบ่งการทดลองออกเป็น 7 ตอน

ตอนที่ 1 ศึกษาเกณฑ์การตรวจสอบเอกสารทางนิติวิทยาศาสตร์ โดยศึกษาจากเอกสารมาตรฐานของ Scientific Working Group for Forensic Document Examination[4] พบว่าในการพิจารณาลายมือชื่อ ผู้พิจารณาควรคำนึงถึง การจัดวางและจัดเรียง รูปแบบ ความเชื่อมต่อและไม่เชื่อมต่อของลายเส้น จุดและจุดตัด ทิศทางของเส้น การจัดแต่งเพิ่มเติมเพื่อปลอมแปลงหรือปกปิด คุณภาพของเส้น มือข้างที่ถนัด มือข้างที่ใช้เขียน การจับปากกาและตำแหน่งที่จับปากกา น้ำหนักเส้น (แรงกด) โดยรวม และรูปแบบของน้ำหนักเส้น ขนาดและสัดส่วนของลายมือชื่อ ความเอนเอียง การเว้นช่องว่าง การหยุดเขียน (ตัวอย่างเช่นผู้เขียนมีการตวัดปากกาหรือไม่) ความสั่นหรือความไม่แน่ใจในการเขียน ลักษณะการหยุดและการเริ่มเขียนต่อ ความเร็วในการเขียน และปัจจัยอื่นๆ เช่น ลักษณะของปากกาและกระดาษควรนำมาพิจารณาด้วย

ตอนที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับการพิจารณาน้ำหนักของลายมือด้วยรังสีอินฟราเรด

ตอนที่ 3 ศึกษาเกี่ยวกับรังสีอินฟราเรด

ตอนที่ 4 ออกแบบวงจรเพื่อให้ได้รังสีอินฟราเรดจากหลอดแอลอีดีที่มีความเข้มสม่ำเสมอ

ซึ่งเป็นการเตรียมอุปกรณ์ตรวจสอบความลึกของรอยกดปากกาลูกลื่นบนกระดาษ โดยขั้นแรกใช้แหล่งจ่ายไฟปรับค่าได้ ในการกำหนดค่ากระแสเพื่อวัดค่าความต่างศักย์ของหลอดอินฟราเรดแต่ละหลอด ใช้ทั้งหมด 3 หลอด หลังจากนั้นนำค่ากระแสและความต่างศักย์ที่ได้มาคำนวณหาค่าความต้านทาน (R_S)ที่จะใส่ในวงจรจากสมการ

$$V_L = \left(\frac{R_L}{R_S+R_L}\right) V_S \qquad (6)$$

จะได้ว่า

$$R_S = \left(\frac{R_L V_S}{V_L}\right) - R_L \qquad (7)$$

เมื่อ R_S : ค่าความต้านทานที่ใส่ในวงจร

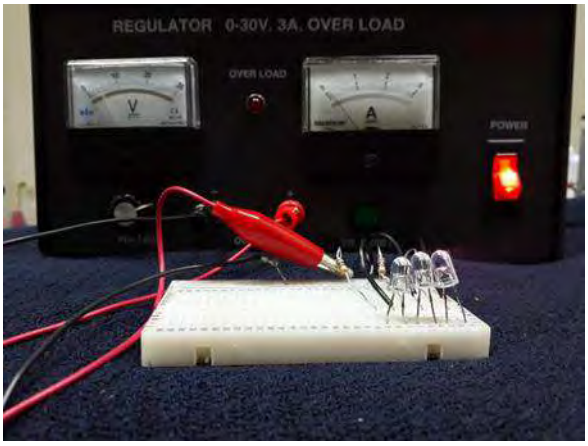
V_S : ค่าความต่างศักย์ของแหล่งจ่ายไฟ 5 Volt

R_L : ค่าความต้านทานของหลอดอินฟราเรด

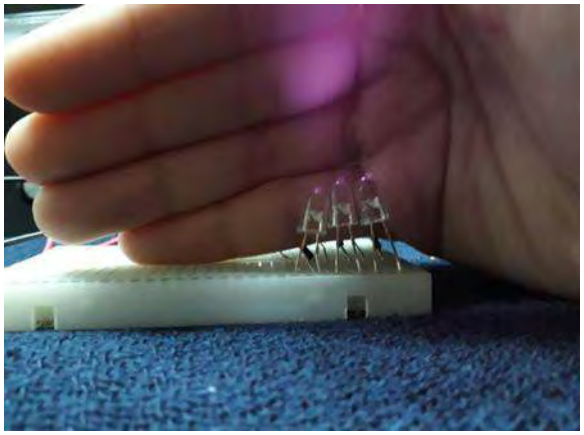
V_L : ค่าความต่างศักย์ของหลอดอินฟราเรดที่ได้จากการวัดค่าของแหล่งจ่ายไฟปรับค่าได้

ซึ่งจากการวัดหลอดอินฟราเรดทั้ง 3 หลอด ด้วยแหล่งจ่ายไฟปรับค่าได้ จะได้ค่ากระแสและค่าความต่างศักย์ หลังจากวัดค่าแล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณด้วยสมการที่ (7) จะได้ค่าความต้านทานที่ต้องใส่ในวงจรอยู่ในช่วง 88-89 โอห์ม แต่ตัวต้านทานหาได้ยาก จึงเลือกใช้ตัวต้านทานที่มีค่า 100 โอห์ม เนื่องจากจะทำให้เกิดความร้อนน้อยกว่าตัวต้านทานที่มีค่าน้อยตามสมการ $P = \frac{V^2}{R}$ เลือกค่าที่มากกว่า เพราะเป็นค่าที่หาง่าย และต้องการให้กระแสคงที่ จากนั้นต่อหลอดอินฟราเรด 3 หลอด ให้จ่ายไฟ 5 โวลต์เข้าวงจร เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าหลอดอินฟราเรดที่จะใช้หลอดยังใช้งานได้ปกติ แล้วนำทั้ง 3 หลอดมาเรียงต่อกันให้อยู่ในระดับเดียวกันเพื่อการใช้งาน

รูปที่ 3.1 : ใช้แหล่งจ่ายไฟปรับค่าได้ ในการกำหนดค่ากระแสและวัดค่าความต่างศักย์ของหลอดอินฟราเรด



รูปที่ 3.2 : นำหลอดอินฟราเรดที่ผ่านการวัดมาต่อวงจรและใส่ตัวต้านทาน 100 โอห์ม



รูปที่ 3.3 : จ่ายไฟ 5 โวลต์เข้าวงจร เพื่อเป็นการตรวจสอบหลอดอินฟราเรดยังใช้งานได้ปกติ

ตอนที่ 5 ออกแบบการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์เพื่อที่จะถ่ายภาพทดลอง

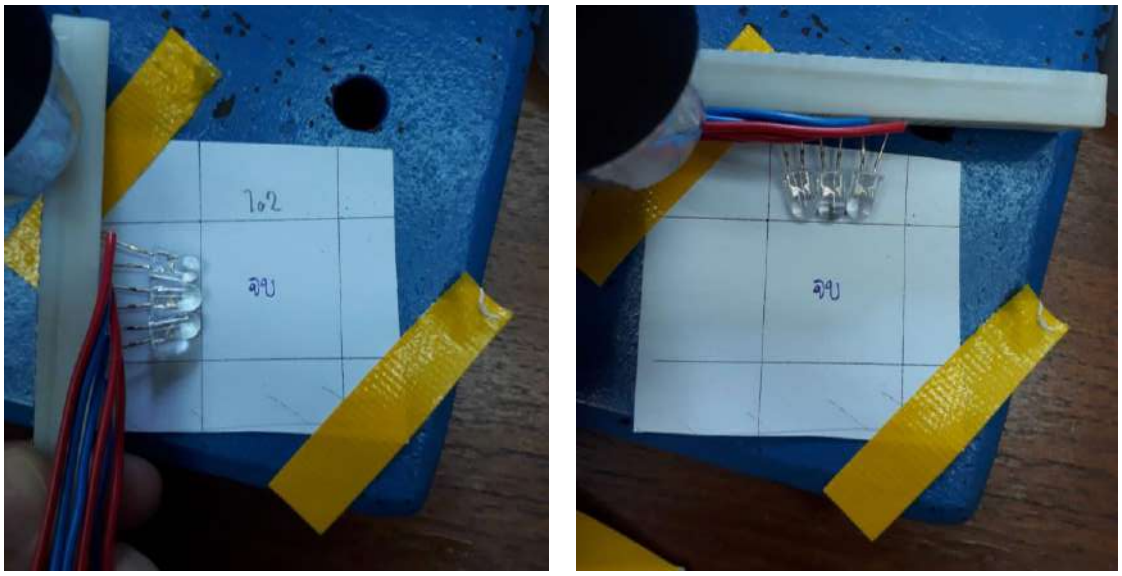
5.1 กำหนดจุดศูนย์กลางในการเขียนจากนั้นทำการทดสอบโดยการให้แสงจากหลอดแอลอีดีชนิดอินฟราเรดจากทางด้านข้างของกระดาษเพื่อที่จะหาระยะห่างจากจุดศูนย์กลางถึงหลอดแอลอีดีชนิดอินฟราเรดว่าควรเว้นระยะห่างประมาณเท่าใดถึงจะได้ภาพที่มีความชัดเจน จากการทดลองจะได้ว่าระยะที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 0.7 – 1.0 เซนติเมตร เมื่อเทียบจากจุดศูนย์กลางของการเขียนดังตัวอย่างในรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4ก ให้รังสีอินฟราเรดจากด้านซ้ายของกระดาษระยะห่างของหลอดอินฟราเรดกับจุดศูนย์กลางของ กระดาษอยู่ที่ 0.6 เซนติเมตร

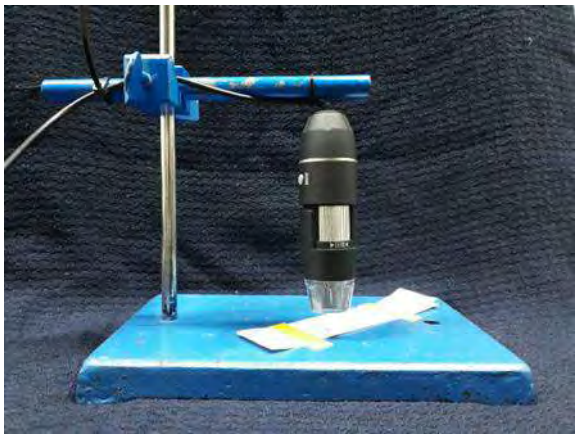
รูปที่ 3.4ข ให้รังสีอินฟราเรดจากด้านซ้ายของกระดาษ ระยะห่างของหลอดอินฟราเรดกับจุดศูนย์กลางของ กระดาษอยู่ที่ 1.0 เซนติเมตร

รูปที่ 3.4ค ให้รังสีอินฟราเรดจากด้านซ้ายของกระดาษ ระยะห่างของหลอดอินฟราเรดกับจุดศูนย์กลางของ กระดาษอยู่ที่ 1.5 เซนติเมตร

5.2 การถ่ายภาพจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การถ่ายด้วยแสงขาวโดยการให้แสงในทิศเดียวกันตัวกล้องเพราะในกล้องจุลทรรศน์มือถือ มีหลอดแอลอีดีชนิดแสงขาวอยู่ในตัว และถ่ายด้วยรังสีอินฟราเรดอย่างเดียวจากทางด้านข้างทั้ง 4 ด้านนั่นคือ ทางด้านซ้าย ด้านขวา ด้านบนและด้านล่าง โดยภาพทั้งหมดที่ถ่ายจะอยู่ในระดับการขยายและตำแหน่งที่เท่ากัน



รูปที่ 3.5 : ภาพด้านซ้ายคือลักษณะการให้รังสีอินฟราเรดทางด้านซ้าย และภาพด้านขวาคือลักษณะการให้รังสีอินฟราเรดทางด้านบน



รูปที่ 3.6 : ที่ปรับระดับความสูงกล้องจุลทรรศน์มือถือ และฐานรองเพื่อให้กระดาษเรียบขณะใช้กล้องถ่ายภาพ

ตอนที่ 6 ทำการทดลองถ่ายภาพการเขียนในรูปแบบต่างๆ

6.1 ทำการทดลองโดยการเขียนเส้นตรงบริเวณจุดศูนย์กลางของกระดาษจากนั้นนำมาถ่ายภาพโดยการให้แสงขาว และถ่ายภาพโดยการให้รังสีอินฟราเรดทั้งสี่ด้าน

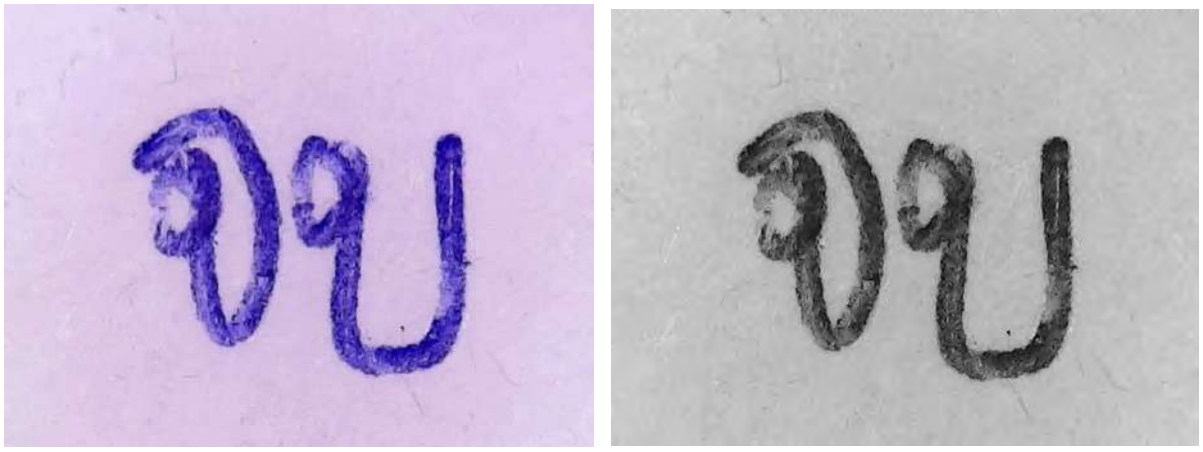
6.2 ทำการทดลองโดยการเขียนวงกลมบริเวณจุดศูนย์กลางของกระดาษจากนั้นนำมาถ่ายภาพโดยการให้แสงขาว และถ่ายภาพโดยการให้รังสีอินฟราเรดทั้งสี่ด้าน

6.3 ทำการทดลองโดยการเขียนคำว่า“จบ”บริเวณจุดศูนย์กลางของกระดาษจากนั้นนำมาถ่ายภาพโดยการให้แสงขาว และถ่ายภาพโดยการให้รังสีอินฟราเรดทั้งสี่ด้าน

ตอนที่ 7 โปรแกรม Gimp

โดยส่วนนี้จะใช้การซ้อนภาพระหว่างภาพเงาที่ถ่ายโดยการให้รังสีอินฟราเรดกับภาพหมึกที่ถ่ายโดยให้แสงขาวเพื่อดูตำแหน่งและความกว้างของเงา ซึ่งในภาพที่ถ่ายมานั้นจะใช้แสงสีที่ต่างกัน และจะใช้กระบวนการมาตรฐานเพื่อไม่ให้ภาพที่ได้ขึ้นกับความรู้สึกของผู้ทดลอง แม้ว่าจะสามารถหาความลึกของรอยกดที่ตำแหน่งใดๆ ได้จากความยาวของเงา แต่ในการเปรียบเทียบลายมือจริงไม่ได้ใช้เพียงจุดเดียว จึงได้เสนอแนวทางในการรวมภาพทั้งสามภาพเข้าด้วยกัน โดยเมื่อรวมแล้วยังคงข้อมูลของความลึก และหมึกที่เขียนอยู่ในภาพเดียวกันเพื่อความสะดวกในการพิจารณา

7.1 ในขั้นตอนนี้ทำการเปลี่ยนภาพจากสี RGB เป็น Grayscale เพื่อเปลี่ยนภาพสีเป็นสีเทา โดยใช้เพียงความสว่างของภาพ ซึ่งในขั้นตอนต่อไปหาเพิ่มภาพอื่นๆเข้ามาก็จะถูกปรับให้เป็น Grayscale โดยอัตโนมัติ

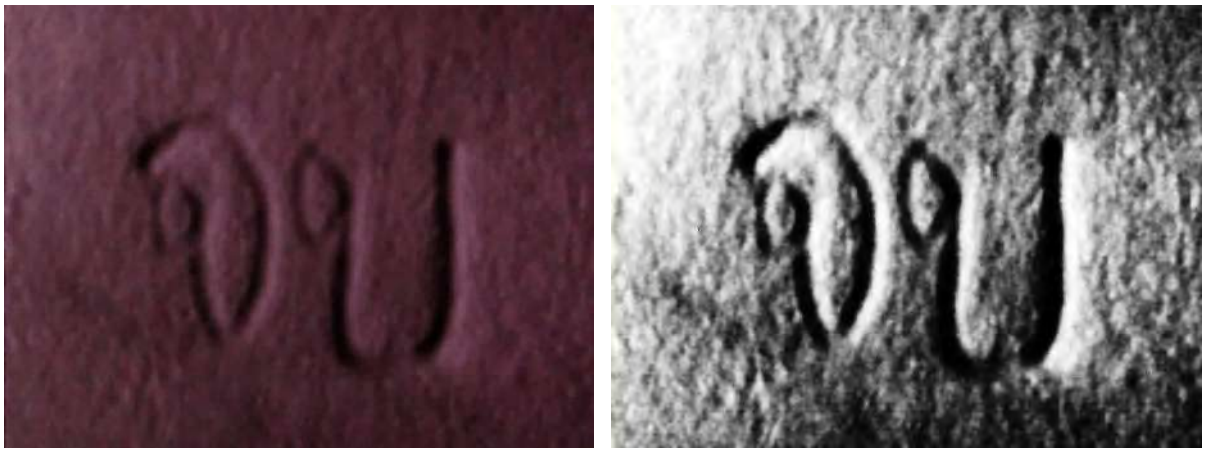


รูปที่ 3.7 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายจากแสงขาวและฝั่งขวาคือภาพหลังจากถูกปรับเป็น Grayscale

7.2 ปรับความสว่างของจุดภาพให้ภาพมีความสว่างมากขึ้นเพื่อให้หมึกกลายเป็นสีดำ โดยการกำหนดค่าจุดของภาพถ้ามีค่าน้อยกว่า 92 จะถูกปรับเป็นสีดำและถ้ามีค่ามากกว่า 205 จะถูกปรับเป็นสีขาวเพื่อปรับให้พื้นหลังภาพมีความสว่าง

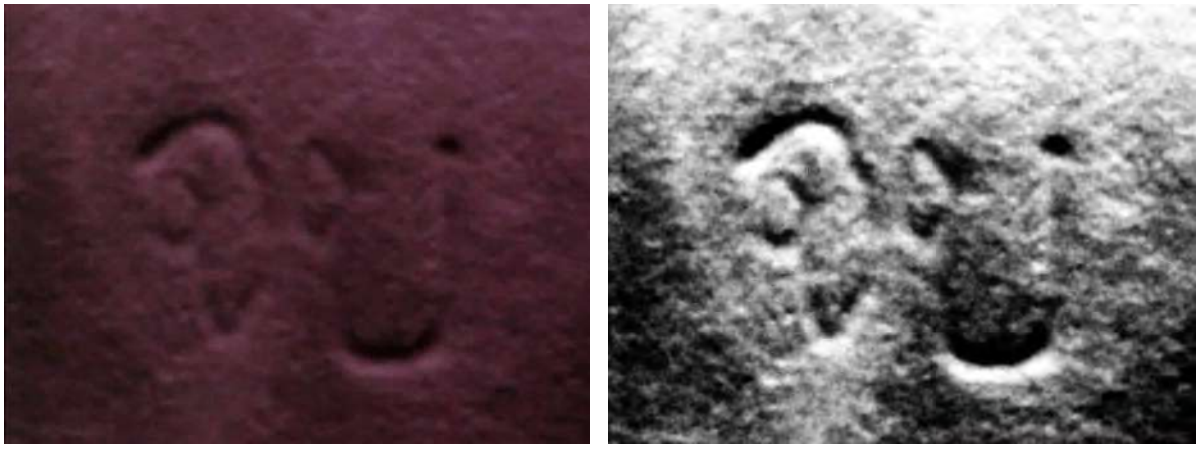
รูปที่ 3.8 : ภาพที่ถ่ายจากแสงขาวที่ผ่านการปรับในข้อ 7.2

7.3 เปิดรูปที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้าย จากนั้นเกลี่ยความเข้มแสงให้กระจายไปทั่วภาพ โดย ใช้คำสั่ง Equalize จะทำการปรับความสว่างในแต่ละพิกเซลของภาพ Grayscale เพื่อให้จำนวนของพิกเซลที่มีค่าความสว่างแต่ละค่ามีจำนวนใกล้เคียงกัน ซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นการเกลี่ยความสว่างของภาพ ผลของการปรับ Equalize จะทำให้ภาพมีรายละเอียดที่ชัดเจนขึ้น



รูปที่ 3.9 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายโดยการให้รังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้ายและฝั่งขวาคือภาพหลังจากถูกเกลี่ยความเข้มแสง

7.4 ทำเช่นเดียวกันกับขั้นตอนในข้อ 7.3 แต่เปิดรูปที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากทางด้านบน



รูปที่ 3.10 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายโดยการให้รังสีอินฟราเรดจากทางด้านบนและฝั่งขวาคือภาพหลังจากถูกเกลี่ยความเข้มแสง

7.5 จากนั้นรวมทั้ง 3 ภาพเข้าด้วยกัน โดยเลือกภาพที่ถ่ายจากแสงขาวให้อยู่ในช่องของ Red เลือกภาพที่ถ่ายจากรังสีอินฟราเรดที่ให้รังสีจากทางด้านซ้ายให้อยู่ในช่องของ Green และเลือกภาพที่ถ่ายจากรังสีอินฟราเรดที่ให้แสงจากทางด้านบนให้อยู่ในช่องของ Blue

รูปที่ 3.11 : ภาพที่ได้หลังจากผ่านขั้นตอนในข้อ 7.5

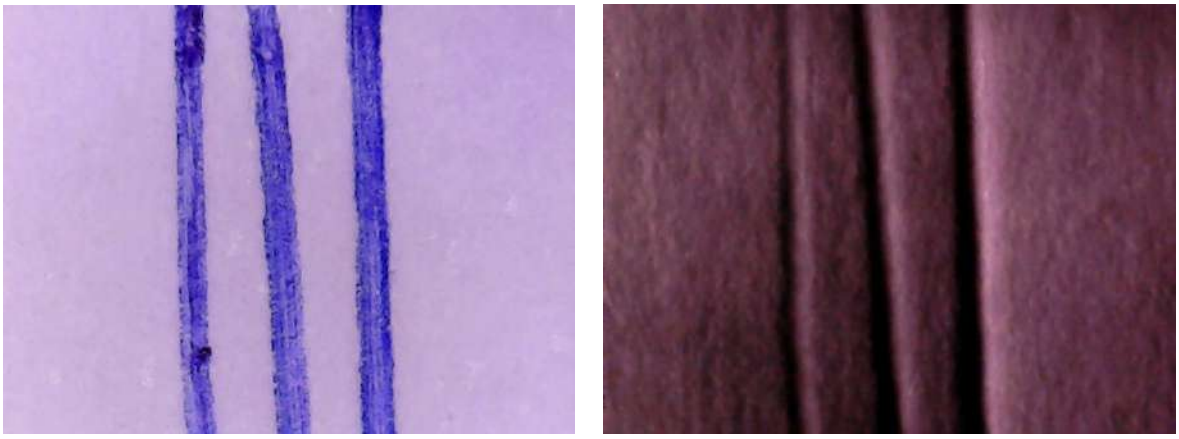
เหตุที่ต้องรวมภาพในลักษณะนี้ เป็นเพราะการกำหนดแยกแต่ละสีนั้นช่วยในการแยกแยะสีที่ปรากฏขึ้นภายหลังการรวมภาพ นอกจากสีจะบ่งบอกถึงทิศทางการให้รังสีอินฟราเรดแล้ว ยังแสดงถึงลักษณะของเงาที่เกิดขึ้นในแต่ละทิศ

บทที่ 4

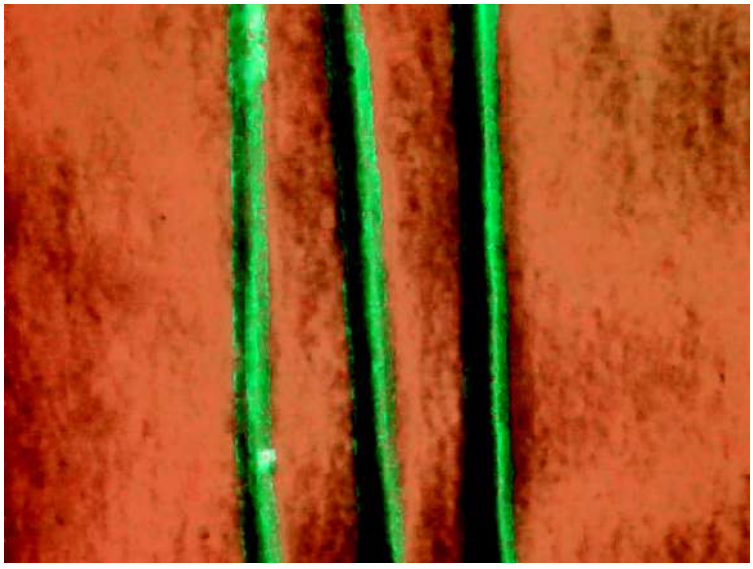
ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 : ทดลองถ่ายภาพการเขียนในรูปแบบต่างๆ

ในการถ่ายภาพบันทึกผลครั้งนี้ ทำเพื่อสังเกตลักษณะของเงาที่เกิดขึ้นจากการให้รังสีอินฟราเรดว่าถ้าหากเราเขียนด้วยแรงกดที่ต่างกันนั้น เงาที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเช่นไร ซึ่งจากการทดลองจะทำการเขียนเส้นตรงสามเส้นที่เขียนด้วยแรงกดที่ต่างกันคือกดด้วยแรงกดที่น้อยในด้านซ้ายสุด จากนั้นเส้นที่สองได้เพิ่มแรงกดมากขึ้น และสุดท้ายเส้นขวาสุดกดด้วยแรงที่มากที่สุด จากนั้นถ่ายภาพโดยการให้รังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้ายภาพที่ได้ เส้นที่กดด้วยแรงที่น้อยที่สุดมีความยาวของเงาทอดไปสั้นที่สุด และเส้นที่สามที่กดด้วยแรงมากที่สุดเกิดความยาวเงาทอดไปได้ไกลที่สุด

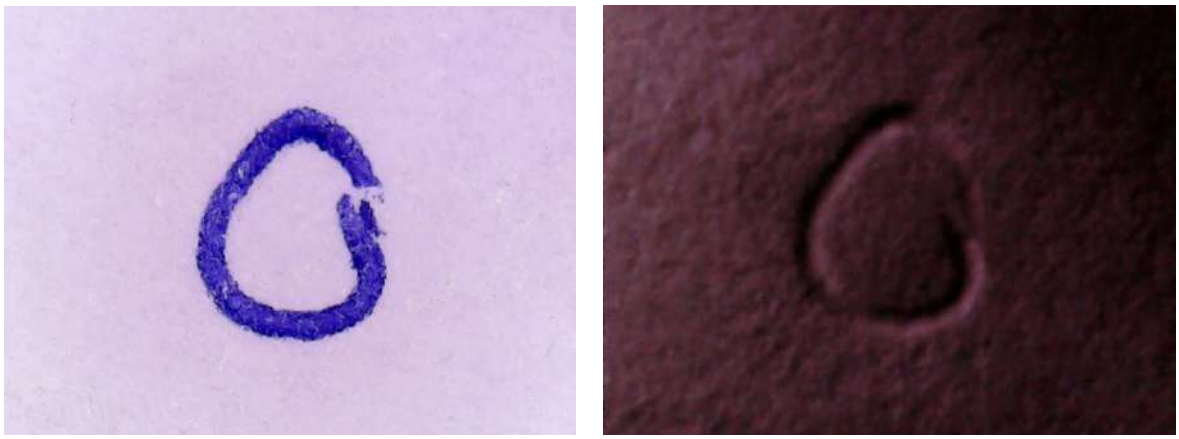


รูปที่ 4.1 : ภาพที่ถ่ายจากแสงขาวและภาพที่ถ่ายจากรังสีอินฟราเรดที่ให้แสงจากทางด้านซ้าย

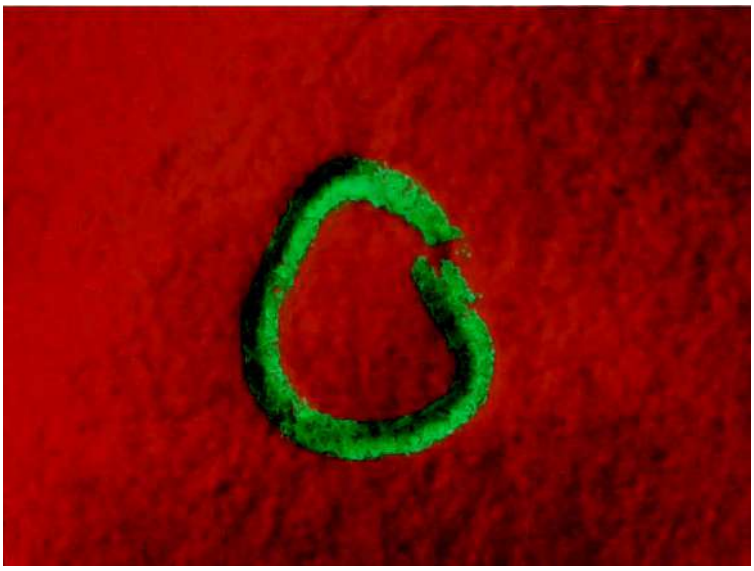


รูปที่ 4.2 : นำภาพที่ถ่ายมาผ่านโปรแกรม Adobe Photoshop เพื่อให้เห็นเงาชัดที่สุด

จากนั้นทดลองถ่ายภาพการเขียนลักษณะใหม่ นั่นคือวงกลม เพื่อทดสอบดูว่า ถ้าหากเป็นการเขียนลักษณะอื่นจะยังเห็นเงาที่เกิดขึ้นหรือไม่ ซึ่งจากการทดลองถ่ายภาพนั้น จะเห็นได้ว่าลักษณะการเกิดเงานั้นมีลักษณะที่คล้ายกับการเขียนเส้นตรง ตรงที่ด้านที่เป็นสันของฝั่งที่ให้แสงนั้นจะมีเงามืด และฝั่งตรงข้ามจะเป็นส่วนที่สว่าง



รูปที่ 4.3 : ภาพที่ถ่ายจากแสงขาวและภาพที่ถ่ายจากรังสีอินฟราเรดที่ให้แสงจากทางด้านซ้าย



รูปที่ 4.4 : นำภาพที่ถ่ายมาผ่านโปรแกรม Adobe Photoshop เพื่อให้เห็นเงาชัดที่สุด

ตอนที่ 2 : ทดลองหาระยะห่างที่เหมาะสมในการให้รังสีอินฟราเรด

ในการถ่ายภาพเพื่อมาวิเคราะห์ผล ต้องทดลองหาระยะห่างที่เหมาะสมในการให้รังสีอินฟราเรดขณะถ่ายภาพ ซึ่งระยะห่างนั้นวัดจากจุดศูนย์กลางของตัวอักษรที่เขียนไปยังหลอดแอลอีดี เพื่อให้ได้ระยะที่เหมาะสมของความสว่างภาพ จึงได้ทดลองถ่ายภาพในระยะต่างๆ มีตัวอย่างดังนี้

รูปที่ 4.5 : ภาพที่ถ่ายจากแสงขาว

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของตัวอักษรที่เขียนไปยังหลอดแอลอีดี	ภาพที่ถ่ายจากรังสีอินฟราเรดที่ให้รังสีจากทางด้านซ้าย(ภาพบน) และให้รังสีจากทางด้านขวา(ภาพล่าง)	ภาพที่ถ่ายจากรังสีอินฟราเรดที่ให้รังสีจากทางด้านบน(ภาพบน) และให้รังสีจากทางด้านล่าง(ภาพล่าง)
1.5 cm		

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของตัวอักษรที่เขียนไปยังหลอดแอลอีดี	ภาพที่ถ่ายจากรังสีอินฟราเรดที่ให้รังสีจากทางด้านซ้าย(ภาพบน) และให้รังสีจากทางด้านขวา(ภาพล่าง)	ภาพที่ถ่ายจากรังสีอินฟราเรดที่ให้รังสีจากทางด้านบน(ภาพบน) และให้รังสีจากทางด้านล่าง(ภาพล่าง)
1.4 cm		
1.3 cm		

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของตัวอักษรที่เขียนไปยังหลอดแอลอีดี	ภาพที่ถ่ายจากรังสีอินฟราเรดที่ให้รังสีจากทางด้านซ้าย(ภาพบน) และให้รังสีจากทางด้านขวา(ภาพล่าง)	ภาพที่ถ่ายจากรังสีอินฟราเรดที่ให้รังสีจากทางด้านบน(ภาพบน) และให้รังสีจากทางด้านล่าง(ภาพล่าง)
1.2 cm		
1.1 cm		

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของตัวอักษรที่เขียนไปยังหลอดแอลอีดี	ภาพที่ถ่ายจากรังสีอินฟราเรดที่ให้รังสีจากทางด้านซ้าย(ภาพบน) และให้รังสีจากทางด้านขวา(ภาพล่าง)	ภาพที่ถ่ายจากรังสีอินฟราเรดที่ให้รังสีจากทางด้านบน(ภาพบน) และให้รังสีจากทางด้านล่าง(ภาพล่าง)
1.0 cm		
0.9 cm		

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของตัวอักษรที่เขียนไปยังหลอดแอลอีดี	ภาพที่ถ่ายจากรังสีอินฟราเรดที่ให้รังสีจากทางด้านซ้าย(ภาพบน) และให้รังสีจากทางด้านขวา(ภาพล่าง)	ภาพที่ถ่ายจากรังสีอินฟราเรดที่ให้รังสีจากทางด้านบน(ภาพบน) และให้รังสีจากทางด้านล่าง(ภาพล่าง)
0.8 cm		
0.7 cm		

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของตัวอักษรที่เขียนไปยังหลอดแอลอีดี	ภาพที่ถ่ายจากรังสีอินฟราเรดที่ให้รังสีจากทางด้านซ้าย(ภาพบน) และให้รังสีจากทางด้านขวา(ภาพล่าง)	ภาพที่ถ่ายจากรังสีอินฟราเรดที่ให้รังสีจากทางด้านบน(ภาพบน) และให้รังสีจากทางด้านล่าง(ภาพล่าง)
0.6 cm		

จากภาพถ่ายข้างต้นนั้น เมื่อได้นำภาพถ่ายชุดนั้นๆมาผ่านโปรแกรม Gimp จะได้ว่าระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของตัวอักษรที่เขียนไปยังหลอดแอลอีดีที่เหมาะสมคือช่วง 0.7-1.0 เซนติเมตร เพราะว่าถ้าระยะของหลอดแอลอีดีห่างกว่านี้จะทำให้ภาพมีความมืดมากจนทำให้แยกความเข้มของเงาได้ยาก และถ้าระยะของหลอดแอลอีดีใกล้กว่านี้จะทำให้เห็นเงาที่เกิดขึ้นได้น้อยเพราะสว่างเกินไป

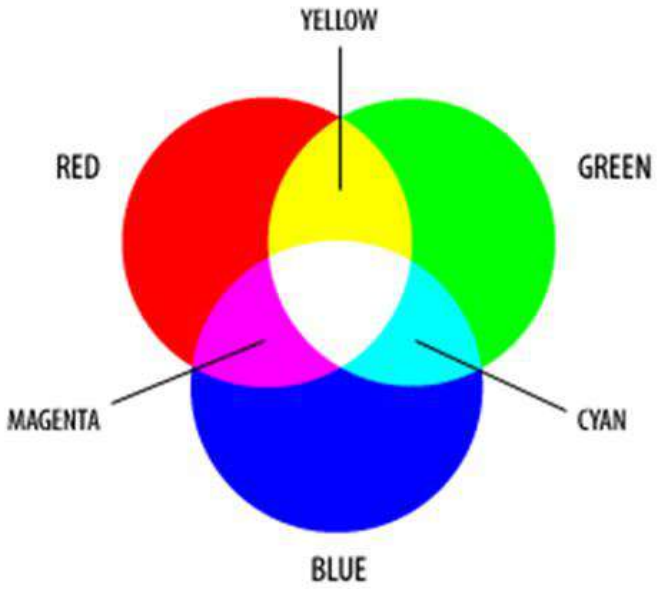
ตอนที่ 3 : ทดลองนำภาพสีขาวและสีดำมาวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Gimp

ขั้นตอนนี้เป็นการทดลองรวมภาพ เพื่อที่จะค้นหาว่าสีที่เกิดหลังจากที่รวมภาพสามภาพในช่องสีแสงที่ต่างกันนั้นเกิดจากภาพในชั้นใด ตัวอย่างการทดลองรวมภาพในโปรแกรม Gimp โดยการรวมภาพนั้นจะเลือกจากภาพตัวอย่าง 2 ภาพ คือภาพสีขาวล้วนและสีดำล้วนที่มีขนาดภาพเท่ากัน กำหนดให้ชั้นที่ 1 ถูกกำหนดด้วยสีแดง ชั้นที่ 2 ถูกกำหนดด้วยสีเขียว และชั้นสุดท้ายถูกกำหนดด้วยสีน้ำเงิน

Layer 1 (Red)	Layer 2 (Green)	Layer 3 (Blue)	ผลจากการรวมกัน ทั้ง 3 ภาพ

จากการทดลองผสมสีจะเห็นได้ว่าสีที่เป็นตัวกำหนดผลที่ได้ของการรวมในแต่ละชั้นของภาพคือสีขาว เพราะถ้าสีขาวถูกกำหนดด้วยสีไหนสีนั้นๆจะแสดงออกมา จากในรูปเมื่อทดลองใช้รูปสีขาวล้วน กับดำล้วนที่มีขนาดเท่ากันลองให้ช่องสีที่ต่างกัน ได้ว่ารูปที่มีสีขาวเป็นตัวกำหนดสีที่เกิดขึ้นนั่นคือ ภาพที่มีสีขาวถ้าถูกกำหนด

ด้วยสีไหนผลที่ได้คือสีนั้นจะปรากฏ สีเหลืองคือส่วนที่ผสมกันของภาพสีขาวจากตัวกำหนดสีแดงรวมกับภาพสีขาวที่ถูกกำหนดด้วยสีเขียว แดงแกมม่วงเกิดจากส่วนที่ผสมกันของภาพสีขาวจากตัวกำหนดสีแดงรวมกับภาพสีขาวที่ถูกกำหนดด้วยสีน้ำเงิน น้ำเงินแกมเขียว คือส่วนที่ผสมกันของภาพสีขาวจากตัวกำหนดสีเขียวรวมกับภาพสีขาวที่ถูกกำหนดด้วยสีน้ำเงิน สีดำคือส่วนผสมของภาพทั้งสามที่ถูกกำหนดด้วยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินแต่ป้อนทุกภาพเป็นสีดำ และสีขาวคือภาพที่ถูกผสมคล้ายกับสีดำแต่ต่างที่ถูกป้อนด้วยสีขาวทั้งหมด ดังแผนภาพการรวมสีด้านล่างนี้

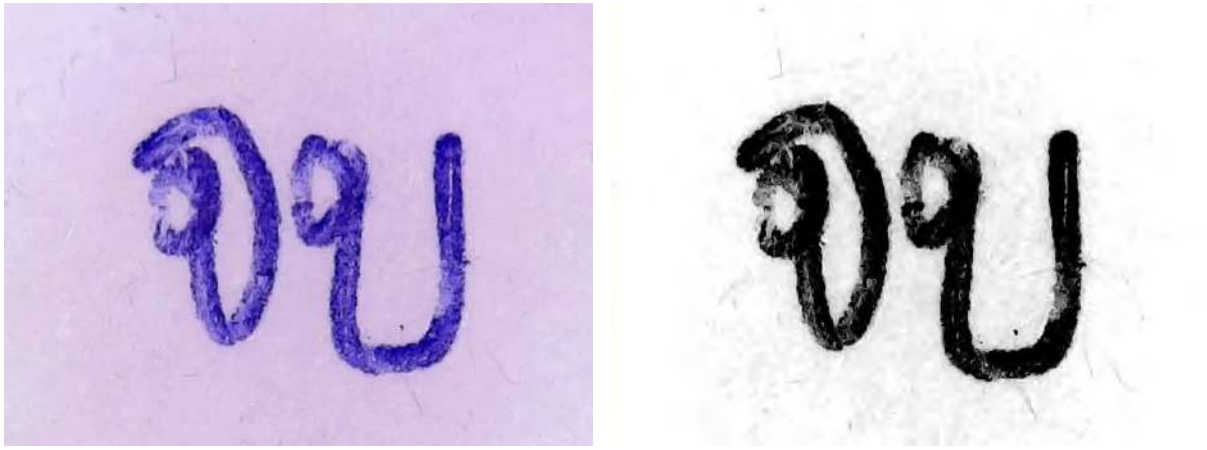


รูปที่ 4.6 : การผสมสีแบบบวก

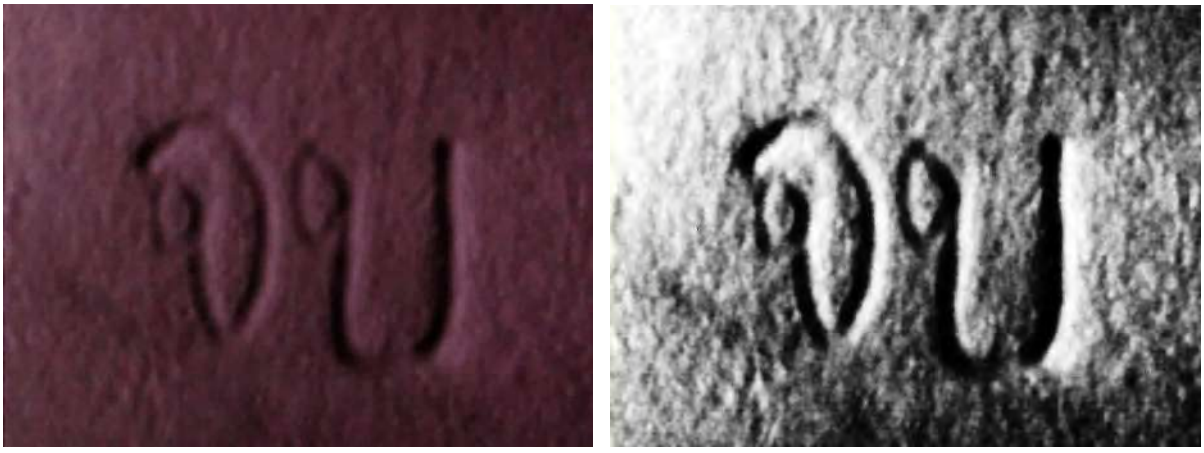
ตอนที่ 4 : นำภาพที่ผ่านโปรแกรม Gimp มาวิเคราะห์

จากภาพที่ถ่ายในขั้นตอนที่ 1 เลือกกลุ่มภาพที่มีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของตัวอักษรที่เขียนไปยังหลอดแอลอีดีที่ระยะ 0.9 เซนติเมตรขั้นแรกนำภาพที่ถ่ายด้วยแสงขาวมาเปลี่ยนเป็น Grayscale และปรับความสว่าง จากนั้นเพิ่มภาพที่ถ่ายด้วยรังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้ายแล้วเกลี่ยความเข้มแสง ทำเช่นเดียวกันกับภาพที่ถ่ายด้วยรังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้ายแต่เปลี่ยนเป็นภาพที่ถ่ายจากทางด้านบนแทน แล้วรวมทั้งสามภาพเข้าด้วยกันโดยกำหนดให้แสงขาวอยู่ในช่องของสีแดง กำหนดให้ภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านซ้ายอยู่ในช่องของสีเขียว และกำหนดให้ภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านบนอยู่ในช่องของสีน้ำเงิน

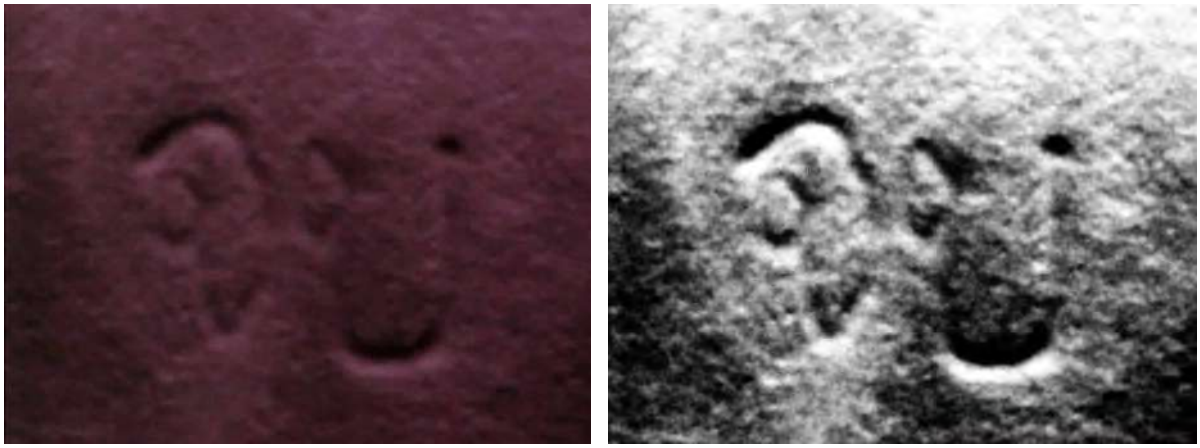
กรณีต้นฉบับเขียน



รูปที่ 4.7 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยแสงขาวที่ยังไม่ผ่านโปรแกรม และฝั่งขวาคือภาพที่ผ่านการปรับ Grayscale และปรับความสว่าง



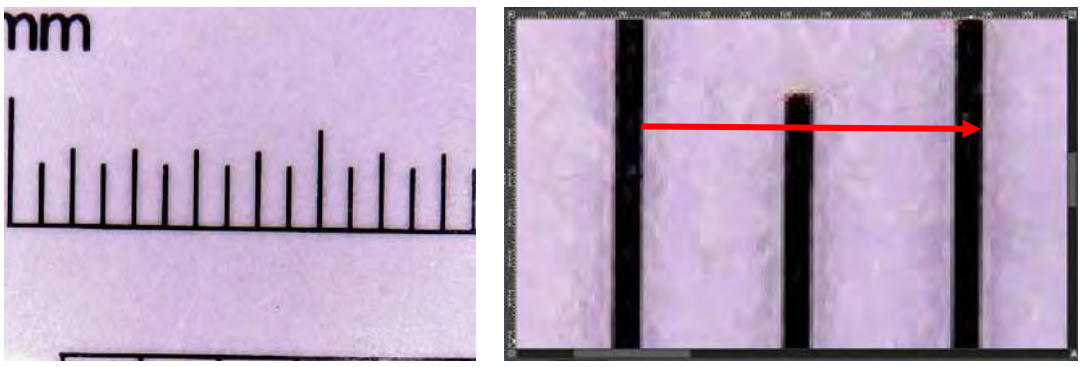
รูปที่ 4.8 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านซ้ายที่ยังไม่ผ่านโปรแกรม และฝั่งขวาคือภาพที่ผ่านการเกลี่ยความสว่าง



รูปที่ 4.9 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านบนที่ยังไม่ผ่านโปรแกรม และฝั่งขวาคือภาพที่ผ่านการเกลี่ยความสว่าง

รูปที่ 4.10 : ภาพที่เกิดจากการรวมกันทั้งสามรูป กรณีแสงขาว รังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้ายและด้านบน

ในการหาความลึกของรอยกดนั้น ใช้วิธีการพิจารณาที่ความยาวของเงาที่เกิดขึ้น เนื่องจากความยาวของเงานั้นสอดคล้องกับแรงกดในการเขียนและแรงกดในการเขียนก็มีผลกับความลึกของรอยกด ดังนั้นจึงใช้ความยาวของเงานั้นมาคำนวณ เพื่อที่จะหาความลึกของรอยกด จึงทำการถ่ายภาพเพื่อเทียบอัตราส่วนของช่องพิกเซลกับหน่วยมิลลิเมตร ได้ว่าจากไม้บรรทัด 1.0 มิลลิเมตร จะมีจำนวนช่องพิกเซลอยู่ที่ 85 ช่อง



รูปที่ 4.11 : ภาพถ่ายไม้บรรทัดก่อนและหลังขยาย

คำนวณหาความลึกของรอยกด

จาก

$$h = \frac{x\alpha}{y} l(\text{พิกเซล}) \quad (5)$$

เมื่อ x = ระดับความสูงของไส้หลอดแอลอีดีคือ 0.250 เซนติเมตร

y = ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของตัวอักษรที่เขียนไปยังหลอดแอลอีดีคือ 0.90 เซนติเมตร

h = ความลึกของรอยกด

l = ความยาวของเงาที่ทอดไป

$\alpha = \frac{\mathbf{1} \text{ มิลลิเมตร}}{\text{จำนวนช่องพิกเซลต่อ } \mathbf{1} \text{ มิลลิเมตร}}$ โดยที่ 1.0 มิลลิเมตร = 85 ช่องพิกเซล

จากสมการที่ 5

$$h(mm) = \frac{(0.250\ \cancel{cm})(0.012)}{(0.90\ \cancel{cm})} l(\text{พิกเซล})$$

$$h(mm) = (0.0033) l(\text{พิกเซล})$$

ความลึกของรอยกด$(mm) = 0.0033 \times$ จำนวนช่องพิกเซลของเงาที่ทอดไป (8)

การหาค่าความคลาดเคลื่อน

ในการถ่ายภาพครั้งนี้ มีความกว้างของภาพอยู่ที่ 0.75 เซนติเมตร จะได้ว่าขอบซ้ายสุดของภาพที่ถ่ายได้จะมีระยะห่างจากหลอดแอลอีดีอยู่ที่ 0.50 เซนติเมตร ขอบทางขวาสุดของภาพที่ถ่ายได้ห่างจากหลอกแอลอีดีอยู่ที่ 1.30 เซนติเมตร และระยะตรงกลางของตัวอักษรที่เขียนไปยังหลอดแอลอีดีคือ 0.90 เซนติเมตร จะได้ว่าจากสมการที่ (5) ค่าช่วงขอบทางด้านซ้ายมีค่าเป็น

$$\text{ซ้าย}(mm) = \frac{(0.250\ \cancel{cm})(0.012)}{(0.50\ \cancel{cm})} l(\text{พิกเซล}) \quad (9)$$

จากสมการที่ 9

$$\text{ซ้าย}\ (mm) = 0.0060\ mm \times \text{จำนวนช่องพิกเซลของเงาที่ทอดไป} \quad (10)$$

จะได้ว่าจากสมการที่ (5) ค่าช่วงขอบทางด้านขวามีค่าเป็น

$$\text{ขวา}(mm) = \frac{(0.250\ \cancel{cm})(0.012)}{(1.3\ \cancel{cm})}\, l(\text{พิกเซล}) \tag{11}$$

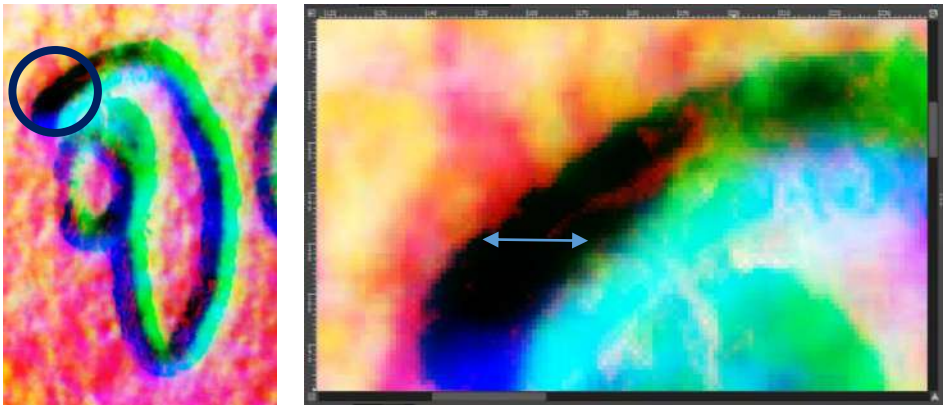
จากสมการที่ (11)

$$\text{ขวา}\ (mm) = 0.0023\ mm \times \text{จำนวนช่องพิกเซลของเงาที่ทอดไป} \tag{12}$$

ค่าความคลาดเคลื่อน

$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อน} = \frac{\Delta_{\text{ซ้ายขวา}}}{2} \tag{13}$$

พิจารณาที่จรดสุดท้ายของอักขระ จ. บริเวณที่เงายาวที่สุด



รูปที่ 4.12 : ภาพถ่ายอักขระ จ. ก่อนและหลังขยาย

จำนวนช่องพิกเซลของเงาที่ทอดไปคือ 21 ช่อง

จากสมการที่ (8)

$$\text{ความลึกของรอยกด}(mm) = 0.0033 \times 21$$

$$\text{ความลึกของรอดกด} = 0.069\ \text{มิลลิเมตร}$$

คำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อน

$$\text{ซ้าย}\ (mm) = 0.0060 \times 21$$

ซ้าย = 0.126 มิลลิเมตร

$$\text{ขวา}\ (mm) = 0.0023 \times 21$$

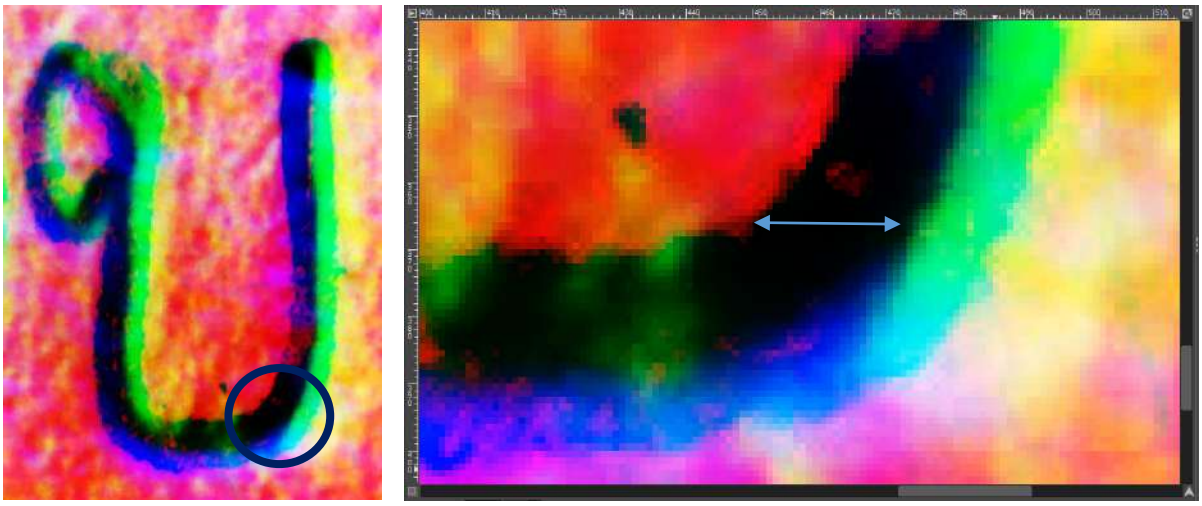
ขวา = 0.048 มิลลิเมตร

จากสมการที่ (13) จะได้ว่า

ค่าความคลาดเคลื่อน = 0.039 มิลลิเมตร

ความลึกของรอยกดบริเวณจรดสุดท้ายของอักขระ จ. มีค่า $0.069 \pm 0.039\ mm$

พิจารณาที่ขอบล่างของอักขระ บ. บริเวณที่เงายาวที่สุด



รูปที่ 4.13 : ภาพถ่ายอักขระ บ. ก่อนและหลังขยาย

จำนวนช่องพิกเซลของเงาที่ทอดไปคือ 22 ช่อง

จากสมการที่ (8)

ความลึกของรอยกด$(mm) = 0.0033 - \times 22$

ความลึกของรอดกด $= 0.073$ มิลลิเมตร

คำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อน

ซ้าย $(mm) = 0.0060 \times 22$

ซ้าย = 0.132 มิลลิเมตร

ขวา $(mm) = 0.0023 \times 22$

ขวา = 0.051 มิลลิเมตร

จากสมการที่ (13) จะได้ว่า

ค่าความคลาดเคลื่อน = 0.040 มิลลิเมตร

ความลึกของรอยกดบริเวณขอบล่างของอักขระ บ. มีค่า $0.073 \pm 0.040\ mm$

พิจารณาการรวมทั้ง 3 ภาพเข้าด้วยกัน

จากรูปที่ให้รังสีอินฟราเรดทางด้านซ้าย จะเห็นเงาเกิดขึ้นทางด้านซ้ายและสว่างทางด้านขวา ภาพที่ได้ส่วนที่สว่างจะต้องออกมาเป็นสีเขียวออกมาในบริเวณที่สว่าง

จากรูปที่ให้รังสีอินฟราเรดทางด้านบน จะเห็นเงาเกิดขึ้นที่ขอบบนและขอบล่างของอักขระ จ. ขอบบนของขีดล่างอักขระ บ. ขอบของการขมวดหัว จรดสุดท้ายของอักขระ บ. และสันด้านตรงข้ามจะสว่าง ภาพที่ได้ส่วนที่สว่างจะต้องออกมาเป็นน้ำเงินในบริเวณที่สว่าง

บริเวณพื้นหลัง

หลังจากนำทั้งสามรูปมารวมกัน ส่วนที่เป็นสีแดงคือส่วนที่สว่างจากภาพแสงขาว สีเหลืองคือส่วนที่สว่างตรงกันของภาพแสงขาวกับภาพที่ให้รังสีอินฟราเรดด้านซ้าย สีแดงแกมม่วงคือส่วนที่สว่างตรงกันของภาพแสงขาวกับภาพที่ให้รังสีอินฟราเรดด้านบน ส่วนที่เป็นสีขาวคือส่วนที่สว่างทั้งสามรูป

คำว่า“จบ”

สีเขียวที่เกิดขึ้นเกิดจากส่วนที่สว่างของภาพที่ให้รังสีอินฟราเรดทางด้านซ้ายซึ่งก็ตรงกับบริเวณที่สว่างของรูปที่ถ่ายคือขอบด้านขวา สีน้ำเงินเกิดจากส่วนที่สว่างของภาพที่ให้รังสีอินฟราเรดทางด้านบนซึ่งก็ตรงกับภาพที่ถ่ายไว้นั่นคือขอบด้านล่าง สีน้ำเงินแกมเขียวคือส่วนที่สว่างตรงกันของภาพที่ให้รังสีอินฟราเรดทางด้านบนกับภาพที่ให้รังสีอินฟราเรดด้านซ้าย และสีดำคือส่วนที่เป็นเงาที่ปรากฏทั้งสามรูป

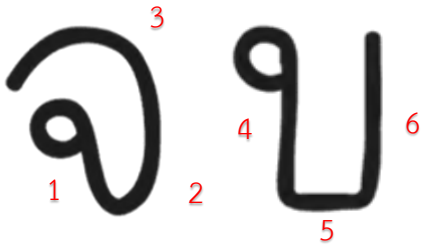
กรณีต้นฉบับเขียนซ้ำอีกครั้ง

รูปที่ 4.14 : ภาพที่เกิดจากการรวมกันทั้งสามรูป กรณีแสงขาว รังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้ายและด้านบน

กรณีให้ผู้อื่นเขียน

รูปที่ 4.15 : ภาพที่เกิดจากการรวมกันทั้งสามรูป กรณีแสงขาว รังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้ายและด้านบน

กำหนดตำแหน่งในการเขียนอักขระ จ. และอักขระ บ.



รูปที่ 4.16 : ตำแหน่งในการเขียนอักขระ จ. และอักขระ บ.

เปรียบเทียบกรณีการเขียนของต้นฉบับและให้ต้นฉบับเขียนอีกครั้ง สังเกตที่ตัวอักขระ จ. ได้ว่าเงาดำที่เกิดขึ้นมีจุดที่เข้มตรงกันนั่นคือบริเวณด้านล่างส่วนของตำแหน่งที่ 2 ก่อนที่จะลากขึ้นไปหาตำแหน่งที่ 3 และจรดสุดท้ายของตัวอักขระ จ. ในส่วนของตัวอักขระ บ. เงาดำที่เกิดขึ้นมีจุดที่เข้มตรงกันอยู่ที่ช่วงตำแหน่ง 4 ถึงปลายของช่วงตำแหน่งที่ 5 และมีอีกที่คือจรดสุดท้ายของหางอักขระ บ.

เปรียบเทียบกรณีการเขียนของต้นฉบับที่เขียนทั้งสองครั้งกับกรณีที่ให้ผู้อื่นเขียน สังเกตที่ตัวอักขระ จ. ได้ว่าเงาดำที่เกิดขึ้นมีจุดที่เข้มตรงกันนั่นคือบริเวณด้านล่างส่วนของตำแหน่งที่ 2 ก่อนที่จะลากขึ้นไปหาตำแหน่งที่ 3 และจรดสุดท้ายของตัวอักขระ จ. แต่ตำแหน่งที่แตกต่างของกรณีที่ให้ผู้อื่นเขียน คือมีส่วนเข้มในช่วงตำแหน่งที่ 3 ซึ่งสองกรณีของการเขียนด้วยต้นฉบับนั้นไม่มีความความเข้มในจุดนี้ ในส่วนของอักขระ บ. เงาดำที่เกิดขึ้นมีจุดที่เข้มตรงกันอยู่ที่ช่วงตำแหน่ง 4 ถึงปลายของช่วงตำแหน่งที่ 5 และมีอีกที่คือจรดสุดท้ายของหางอักขระ บ. เช่นกันแต่มีความต่างเล็กน้อยที่บริเวณฐานล่างของตำแหน่งที่ 5

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง ปัญหาและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลอง สามารถบอกได้ว่าระยะห่างที่เหมาะสมในการให้รังสีอินฟราเรดจากจุดศูนย์กลางของตัวอักษรที่เขียนไปยังหลอดแอลอีดีที่เหมาะสมคือช่วง 0.7-1.0 เซนติเมตร เพราะว่าถ้าระยะของหลอดแอลอีดีห่างกว่านี้จะทำให้ภาพมีความมืดมากจนทำให้แยกความเข้มของเงาได้ยาก และถ้าระยะของหลอดแอลอีดีใกล้กว่านี้จะทำให้เห็นเงาที่เกิดขึ้นได้น้อยเพราะภาพที่ได้จะสว่างเกินไป รูปที่ถ่ายโดยการให้รังสีอินฟราเรดทางด้านซ้าย จะเห็นเงาเกิดขึ้นที่สันทางด้านซ้ายของขีดเส้นแนวตั้งตัวอักขระ จ. ขีดเส้นตรงของอักขระ บ. และสว่างที่สันด้านตรงข้ามนั่นคือทางด้านขวา และรูปที่ให้รังสีอินฟราเรดทางด้านบน จะเห็นเงาเกิดขึ้นที่ขอบบนและขอบล่างของอักขระ จ. ขอบบนของขีดล่างอักขระ บ. ขอบของการขมวดหัวและจรดสุดท้ายของการเขียนในแต่ละตัว และสันด้านตรงข้ามจะสว่าง หรืออาจบอกได้ว่าให้รังสีอินฟราเรดทางด้านไหนจะเกิดเงาในด้านนั้น และเกิดความสว่างในขอบการเขียนด้านตรงกันข้าม จากนั้นนำภาพที่ถ่ายไปผ่านโปรแกรม Gimp เพื่อนำภาพมาวิเคราะห์ โดยพิจารณาแยกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือ บริเวณพื้นหลัง หลังจากนำทั้งสามรูปมารวมกัน ส่วนที่เป็นสีแดงคือส่วนที่สว่างจากภาพแสงขาว สีเหลืองคือส่วนที่สว่างตรงกันของภาพแสงขาวกับภาพที่ให้รังสีอินฟราเรดด้านซ้าย สีแดงแกมม่วงคือส่วนที่สว่างตรงกันของภาพแสงขาวกับภาพที่ให้รังสีอินฟราเรดด้านบน ส่วนที่เป็นสีขาวคือส่วนที่สว่างทั้งสามรูป และส่วนที่ 2 คือ คำว่า“จบ” สีเขียวที่เกิดขึ้นเกิดจากส่วนที่สว่างของภาพที่ให้รังสีอินฟราเรดทางด้านซ้ายซึ่งก็ตรงกับบริเวณที่สว่างของรูปที่ถ่ายคือขอบด้านขวา สีน้ำเงินเกิดจากส่วนที่สว่างของภาพที่ให้รังสีอินฟราเรดทางด้านบน ซึ่งก็ตรงกับภาพที่ถ่ายไว้นั่นคือขอบด้านล่าง สีน้ำเงินแกมเขียวคือส่วนที่สว่างตรงกันของภาพที่ให้รังสีอินฟราเรดทางด้านบนกับภาพที่ให้รังสีอินฟราเรดด้านซ้าย และสีดำคือส่วนที่เป็นเงาที่ปรากฏทั้งสามรูป การเปรียบเทียบกรณีการเขียนของต้นฉบับและให้ต้นฉบับเขียนอีกครั้ง สังเกตที่ตัวอักขระ จ. ได้ว่าเงาดำที่เกิดขึ้นมีจุดที่เข้มตรงกันนั่นบริเวณด้านล่างส่วนของตำแหน่งที่ 2 ก่อนที่จะลากขึ้นไปหาตำแหน่งที่ 3 และจรดสุดท้ายของตัวอักขระ จ. ในส่วนของอักขระ บ. เงาดำที่เกิดขึ้นมีจุดที่เข้มตรงกันอยู่ที่ช่วงตำแหน่ง 4 ถึงปลายของช่วงตำแหน่งที่ 5 และมีอีกที่คือจรดสุดท้ายของหางของตัวอักขระ บ. และการเปรียบเทียบกรณีการเขียนของต้นฉบับที่เขียนทั้งสองครั้งกับกรณีที่ให้ผู้อื่นเขียน สังเกตที่ตัวอักขระ จ. ได้ว่าเงาดำที่เกิดขึ้นมีจุดที่เข้มตรงกันนั่นบริเวณด้านล่างส่วนของตำแหน่งที่ 2 ก่อนที่จะลากขึ้นไปหาตำแหน่งที่ 3 และจรดสุดท้ายของตัวอักขระ จ. แต่ตำแหน่งที่แตกต่างของกรณีที่ให้ผู้อื่นเขียน คือมีส่วนเข้มในช่วงตำแหน่งที่ 3 ซึ่งสองกรณีของการเขียนด้วยต้นฉบับนั้นไม่มีความความเข้มในจุดนี้ ในส่วนของอักขระ บ. เงาดำที่เกิดขึ้นมีจุดที่เข้มตรงกันอยู่ที่ช่วงตำแหน่ง 4 ถึงปลายของช่วงตำแหน่งที่ 5 และมีอีกที่คือจรดสุดท้ายของหางอักขระ บ. เช่นกันแต่มีความต่างเล็กน้อยที่บริเวณฐานล่างของตำแหน่งที่ 5 โดยที่บริเวณจรดสุดท้ายของอักขระ จ. คือบริเวณที่เงาเข้มที่สุด ความลึกของรอยกดบริเวณนี้คือ 0.069±0.039

มิลลิเมตร และที่บริเวณขอบล่างของอักขระ บ. คือบริเวณที่เงาเข้มที่สุด ความลึกของรอยกดบริเวณนี้คือ 0.073±0.040 มิลลิเมตร ปัญหาที่เกิดขึ้นคือถ้ากระดาษมีรอยยับจะทำให้ภาพที่ถ่ายออกมามีความไม่ชัดเจนของเงาเพราะเงาที่เกิดขึ้นอาจเป็นความยับของกระดาษ กระดาษที่นำมาทดลองควรเป็นกระดาษที่เรียบ ในการถ่ายภาพหากแสงสว่างจากหลอดแอลอีดีไม่เพียงพอจะทำให้ภาพที่ได้มีความมืดและยากต่อการแยกแยะระหว่างความเข้มของภาพกับความเข้มของเงาที่เกิดจากการเขียน ข้อจำกัดอีกอย่างคือเลนส์กล้อง ควรเลือกเลนส์ที่สามารถถอดหรือเปลี่ยนฟิลเตอร์ในการถ่ายได้ โดยการถอดฟิลเตอร์อินฟราเรดออกเพื่อที่จะได้รับรังสีอินฟราเรดได้ดีกว่านี้

บรรณานุกรม

[1] Rolf E. Berty, 2010, A New IR-Based Technique for Examination of Writing Strokes: IRDA—Infrared Detection Apparatus, Canadian Society of Forensic Science Journal, 43:3, 117-134, DOI: 10.1080/00085030.2010.10757623

[2] Mann Manisha, Pathak Seema Rani, and Shukla, 2019, Sudhir Kumar, Three-dimensional detection of sequence of strokes using confocal microscope, Egyptian Journal of Forensic Sciences, 9:1, 12, DOI: 10.1186/s41935-019-0120-z

[3] Mathyer J, 1988, Optical Methods in the Examination of Questioned Documents, Maehly A., Williams R.L. (eds) Forensic Science Progress, Forensic Science Progress, vol 2. Springer, Berlin, Heidelberg

[4] Scientific Working Group for Forensic Document Examination, [Online], http://www.swgdoc.org/,2018.

[5] แสงขาว. (ออนไลน์). 2018. แหล่งที่มา : http://visiblelightbyphyseaw.blogspot.com/2018/08/blog-post.html?m=1

[6] อินฟราเรด. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.flir.in.th/th/infrared-knowledge2.html

[7] ฟิสิกส์ราชมงคล. ทฤษฎีสีแสง (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour1.htm

[8] ผศ.ดร.นวภัทรา หนูนาค. infrared thermography / กล้องอินฟราเรด. (ออนไลน์) 2555. แหล่งที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/7260/infrared-thermography-%E0%B8%81%E0%B8%A5%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%AD%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%9F%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%94

[9] วสุธร. กฎขอห์ม. (ออนไลน์). 2016. แหล่งที่มา : http://www.electric-factories.com/ohms-law/

ภาคผนวก

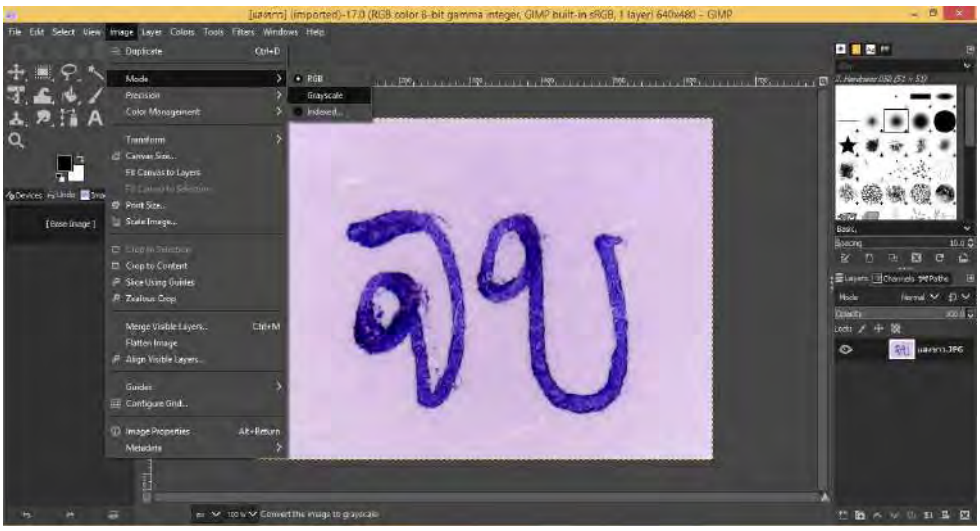
ภาคผนวก ก

โดยส่วนนี้จะเป็นวิธีการซ้อนภาพระหว่างภาพเงาที่ถ่ายโดยการให้รังสีอินฟราเรดกับภาพหมึกที่ถ่ายโดยให้แสงขาวเพื่อดูตำแหน่งและความกว้างของเงา ซึ่งในภาพที่ถ่ายมานั้นจะใช้แสงสีที่ต่างกัน เพื่อที่จะสามารถแยกสีและเงาที่เกิดขึ้น และจะใช้กระบวนการมาตรฐานเพื่อไม่ให้ภาพที่ได้ขึ้นกับความรู้สึกของผู้ทดลอง ขั้นตอนในการใช้โปรแกรม Gimp มีดังต่อไปนี้

1. เข้าไปที่โปรแกรม Gimp

2. เปิดภาพที่ถ่ายด้วยแสงขาวโดยคลิกไปที่ File ที่แถบด้านบน -> Open จากนั้นเลือกรูปที่ถ่ายด้วยแสงขาว

3. คลิกไปที่ Image ที่แถบด้านบน -> Mode จากนั้นเลือกที่ Grayscale เพื่อที่จะเปลี่ยนภาพจากสี RGB เป็น Grayscale ซึ่งในขั้นตอนต่อไปหาเพิ่มภาพอื่นๆเข้ามาก็จะถูกปรับให้เป็น Grayscale โดยอัตโนมัติ

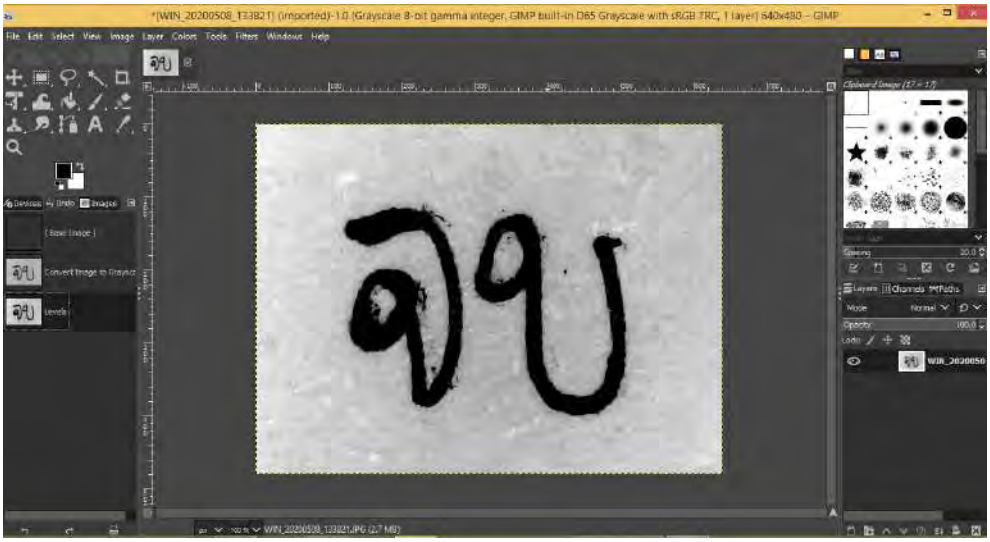


รูปที่ ก.1 : ขั้นตอนของข้อ 3

รูปที่ ก.2 : ภาพที่ได้หลังจากผ่านขั้นตอนในข้อ 3

4. คลิกไปที่ Colors ที่แถบด้านบน -> Levels (ปรับโดยการเลื่อนตำแหน่งของลูกศรสามเหลี่ยม) เลื่อนลูกศรสีดำไปที่ตำแหน่ง 92 ถ้าจุดของภาพมีค่าน้อยกว่า 92 จะถูกปรับเป็นสีดำและเลื่อนลูกศรสีขาวไปที่ตำแหน่ง 205 ถ้าจุดของภาพมีค่ามากกว่า 205 จะถูกปรับเป็นสีขาวเพื่อปรับให้ภาพมีความสว่าง และให้หมึกกลายเป็นสีดำ

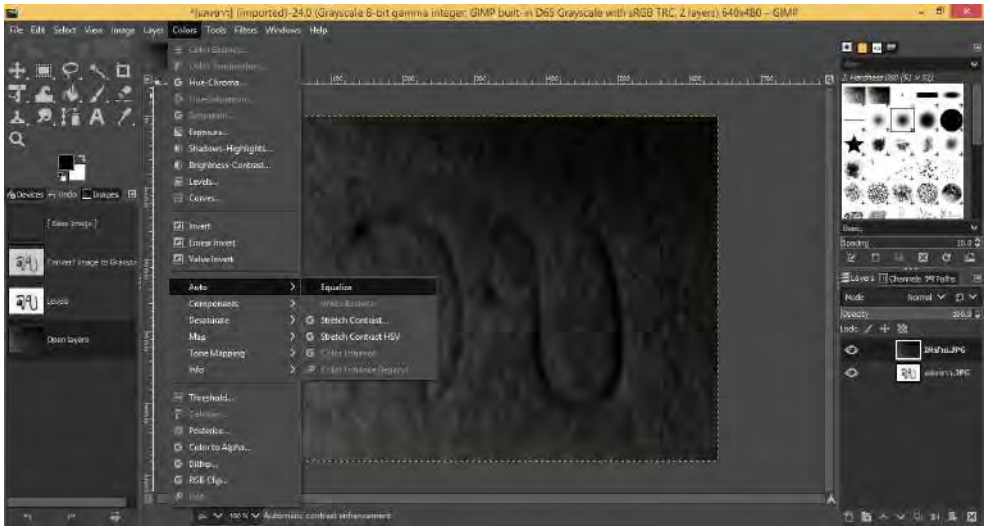
รูปที่ ก.3 : ขั้นตอนของข้อ 4



รูปที่ ก.4 : ขั้นตอนของข้อ 4

5. เปิดภาพที่ถ่ายด้วยรังสีอินฟราเรด (ที่ให้รังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้าย) โดยคลิกไปที่ File ที่แถบด้านบน -> Open as layers.. จากนั้นเลือกรูปดังกล่าว ซึ่งภาพที่ปรากฏจะถูกปรับเป็น Grayscale โดยอัตโนมัติ

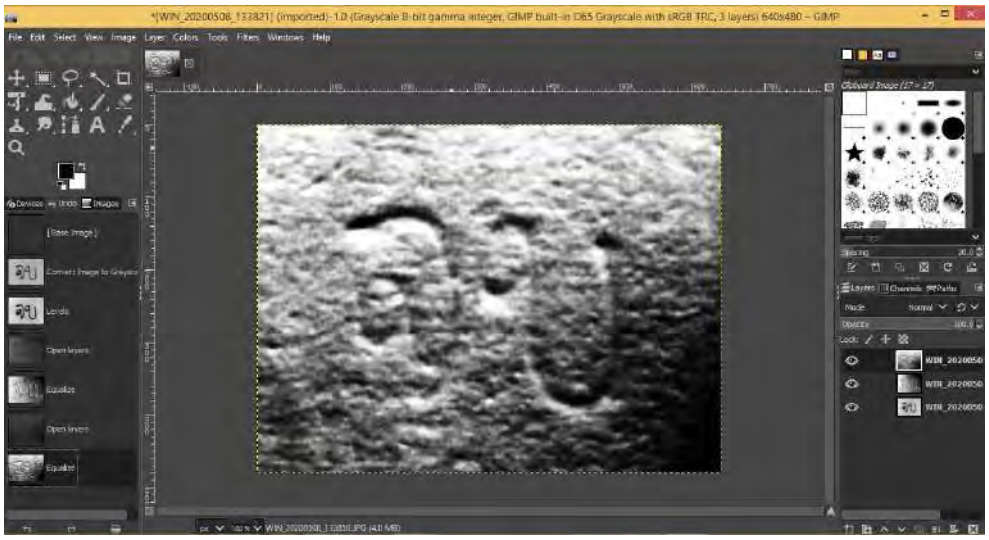
6. คลิกไปที่ Colors ที่แถบด้านบน -> Auto และเลือกที่ Equalize เพื่อเกลี่ยความเข้มแสงให้กระจายไปทั่วภาพ



รูปที่ ก.5 : ขั้นตอนของข้อ 6

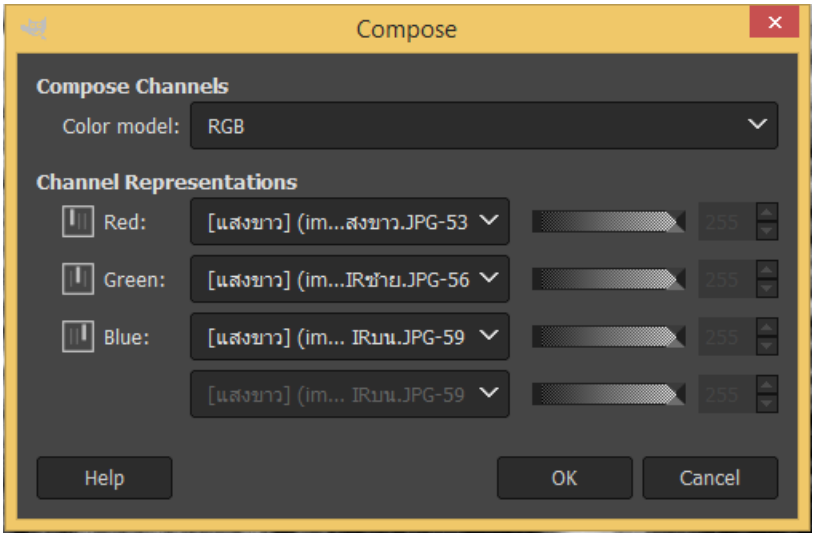
รูปที่ ก.6 : ภาพที่ได้หลังจากผ่านขั้นตอนในข้อ 6

7. ทำตามขั้นตอนของข้อ 5 และ 6 แต่เปลี่ยนจากภาพที่ถ่ายด้วยรังสีอินฟราเรดที่ให้รังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้ายเป็นด้านบน

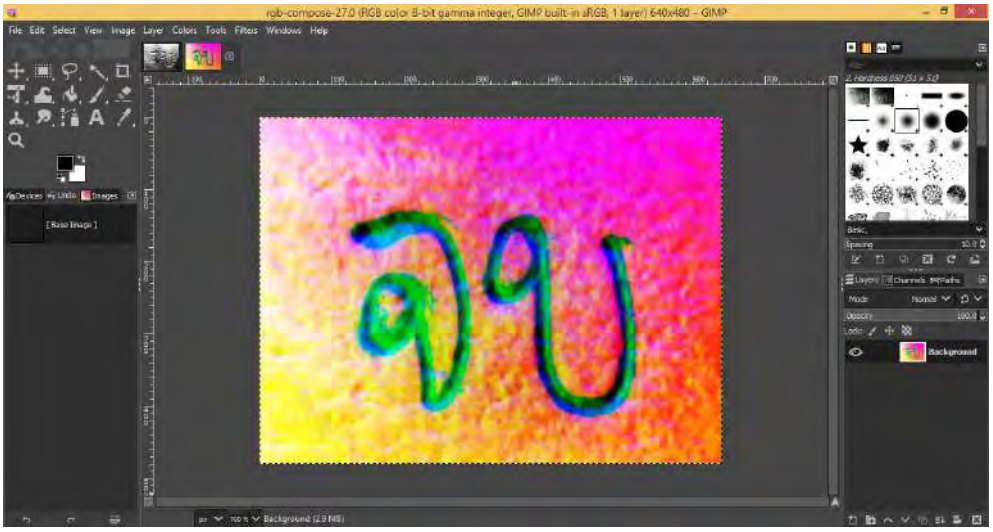


รูปที่ ก.7 : ภาพที่ได้หลังจากผ่านขั้นตอนในข้อ 7

8. จากนั้นรวมทั้ง 3 ภาพเข้าด้วยกัน โดยคลิกไปที่ Colors ที่แถบด้านบน -> Component และ Compose โดยเลือกภาพที่ถ่ายจากแสงขาวให้อยู่ในช่องของ Red เลือกภาพที่ถ่ายจากรังสีอินฟราเรดที่ให้รังสีจากทางด้านซ้ายให้อยู่ในช่องของ Green และเลือกภาพที่ถ่ายจากรังสีอินฟราเรดที่ให้แสงจากทางด้านบนให้อยู่ในช่องของ Blue



รูปที่ ก.8 : ขั้นตอนของข้อ 8

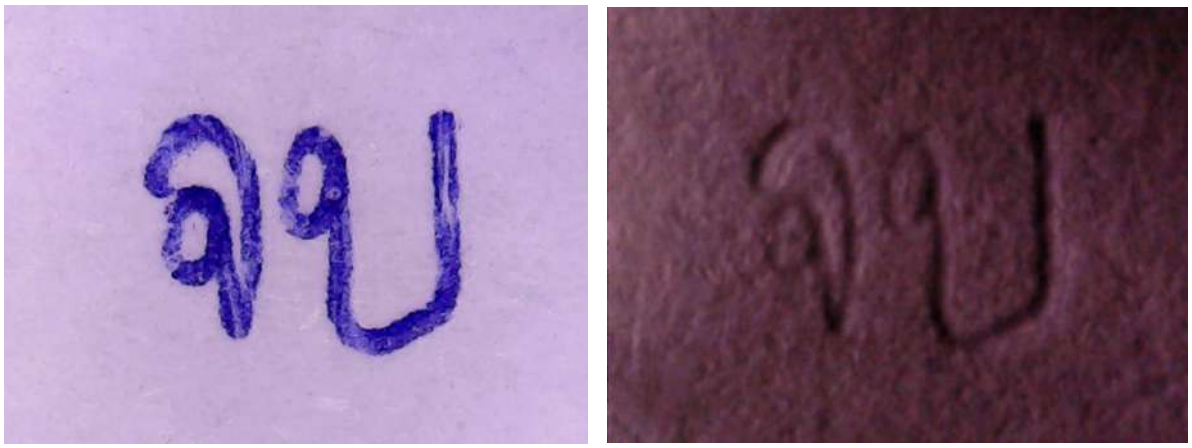


รูปที่ ก.9 : ภาพที่ได้หลังจากผ่านขั้นตอนในข้อ 8

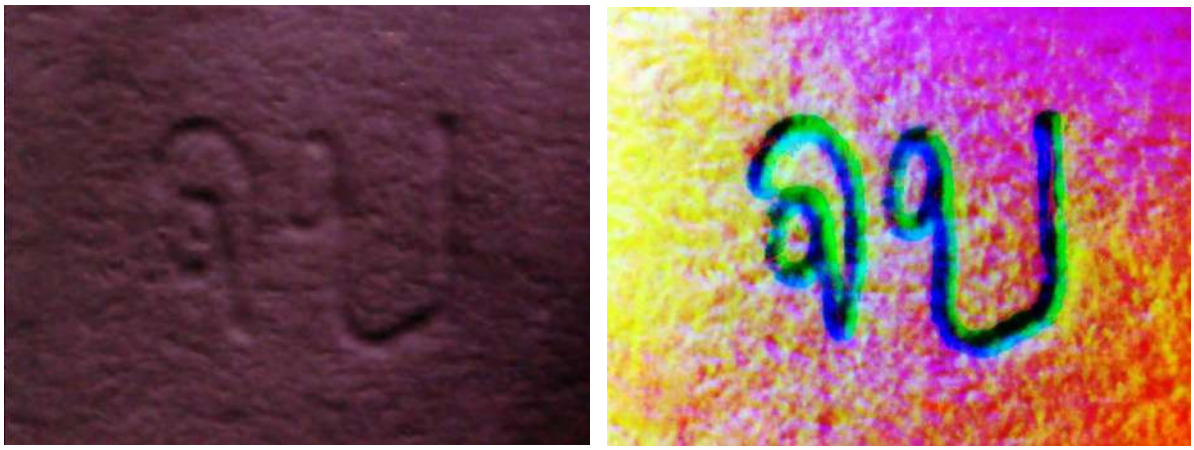
ภาคผนวก ข.

ส่วนนี้จะเป็นตัวอย่างการเขียนคำว่า ‘จบ’ จากผู้เขียนต้นฉบับ เพื่อสังเกตแนวโน้มของการลงน้ำหนักในการเขียน และยังมีการเขียนในลักษณะอื่นเพื่อสังเกตสีและเงาที่เกิดขึ้น

กรณีต้นฉบับเขียนซ้ำอีกครั้ง



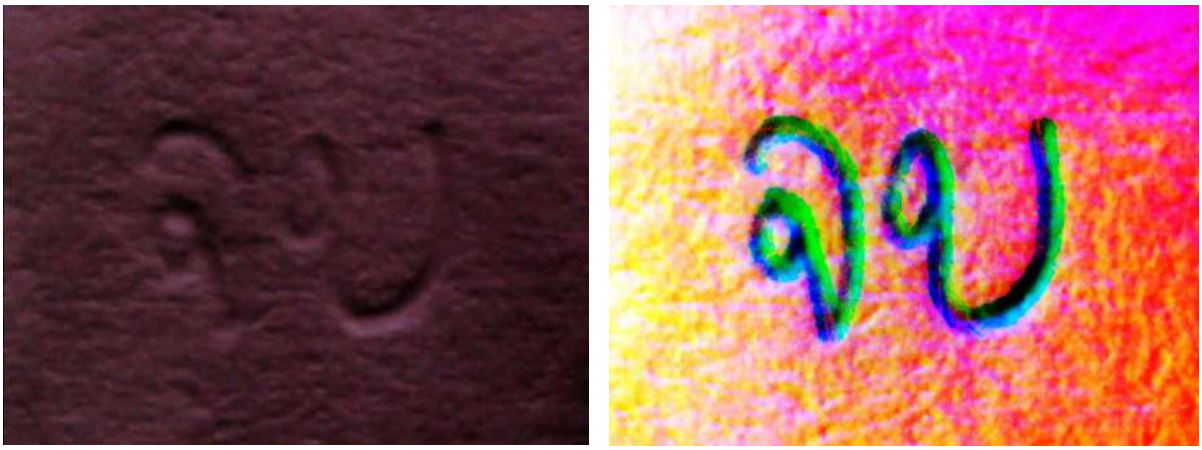
รูปที่ ข.1 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยแสงขาว และฝั่งขวาคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านซ้าย



รูปที่ ข.2 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านบน และฝั่งขวาคือภาพที่เกิดจากการรวมกันทั้งสามรูป กรณีแสงขาว รังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้ายและด้านบน

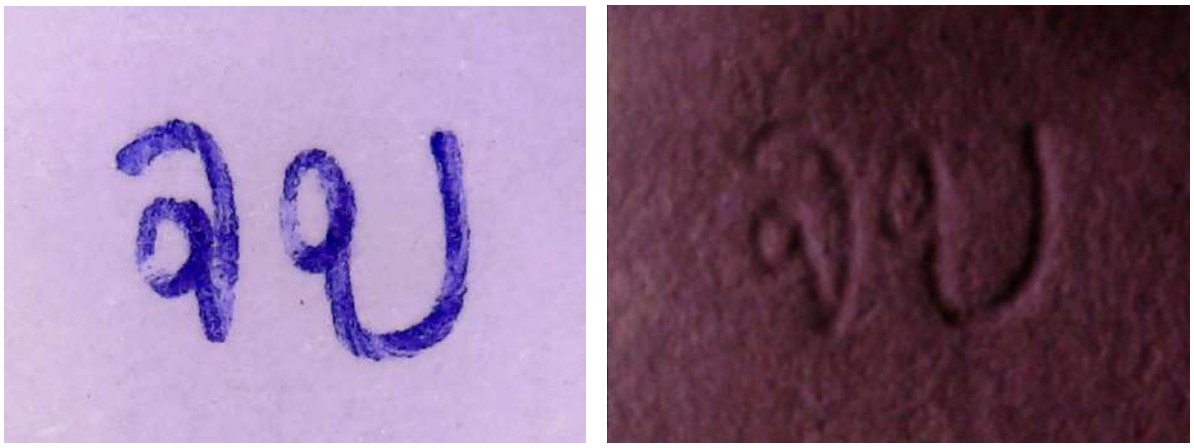
กรณีต้นฉบับเขียนซ้ำอีกครั้ง

รูปที่ ข.3 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยแสงขาว และฝั่งขวาคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านซ้าย

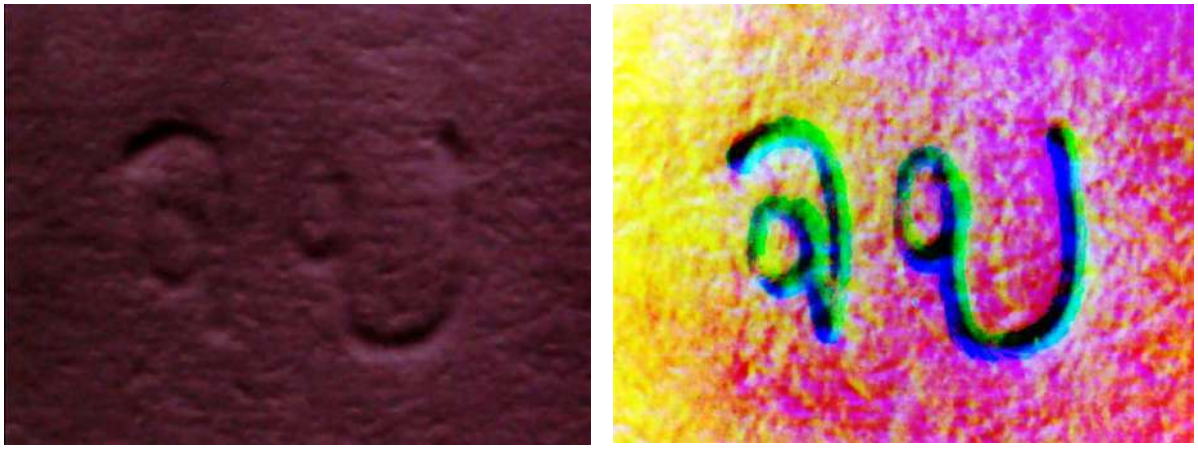


รูปที่ ข.4 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านบน และฝั่งขวาคือภาพที่เกิดจากการรวมกันทั้งสามรูป กรณีแสงขาว รังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้ายและด้านบน

กรณีต้นฉบับเขียนซ้ำอีกครั้ง

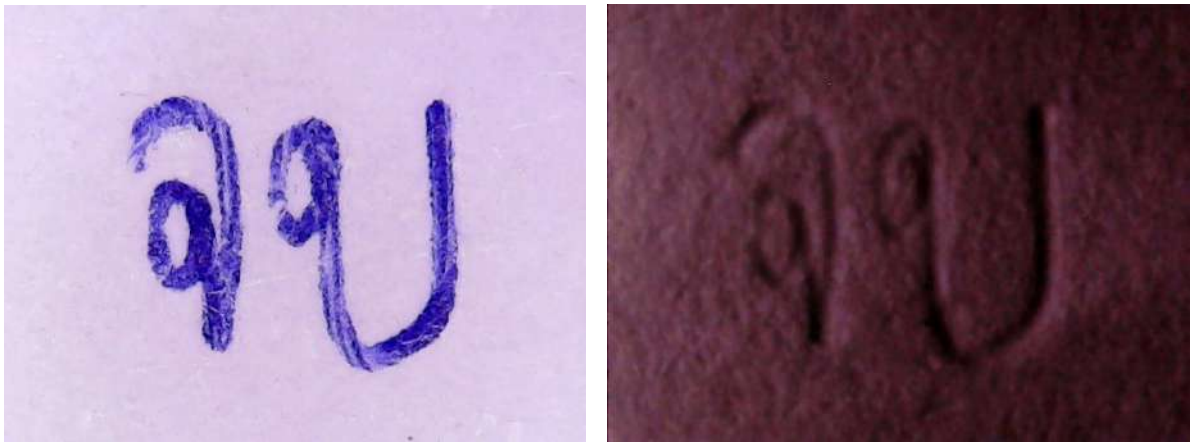


รูปที่ ข.5 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยแสงขาว และฝั่งขวาคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านซ้าย

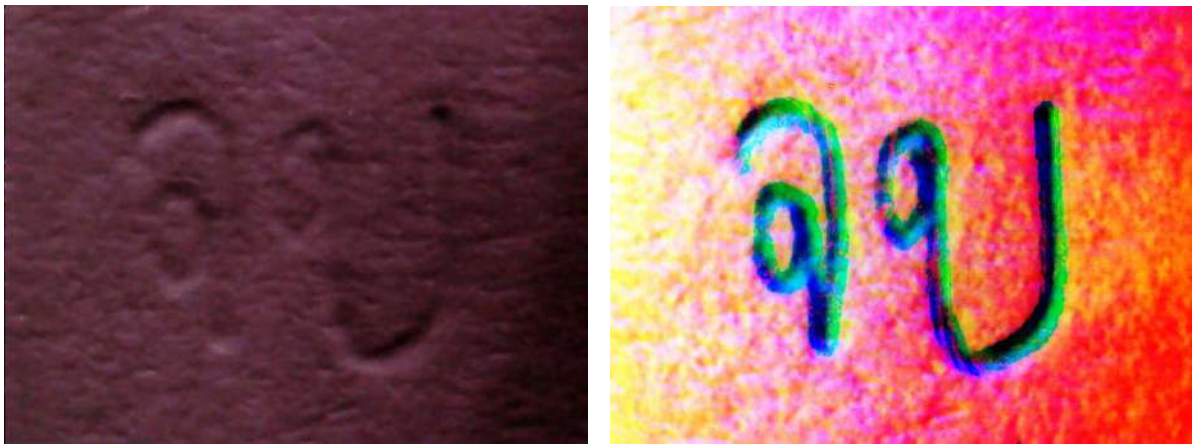


รูปที่ ข.6 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านบน และฝั่งขวาคือภาพที่เกิดจากการรวมกันทั้งสามรูป กรณีแสงขาว รังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้ายและด้านบน

กรณีต้นฉบับเขียนซ้ำอีกครั้ง



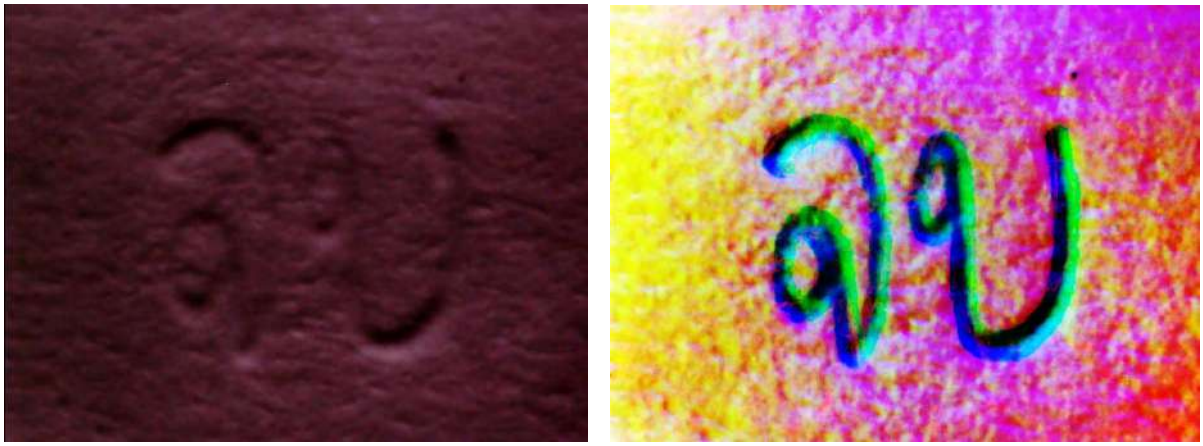
รูปที่ ข.7 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยแสงขาว และฝั่งขวาคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านซ้าย



รูปที่ ข.8 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านบน และฝั่งขวาคือภาพที่เกิดจากการรวมกันทั้งสามรูป กรณีแสงขาว รังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้ายและด้านบน

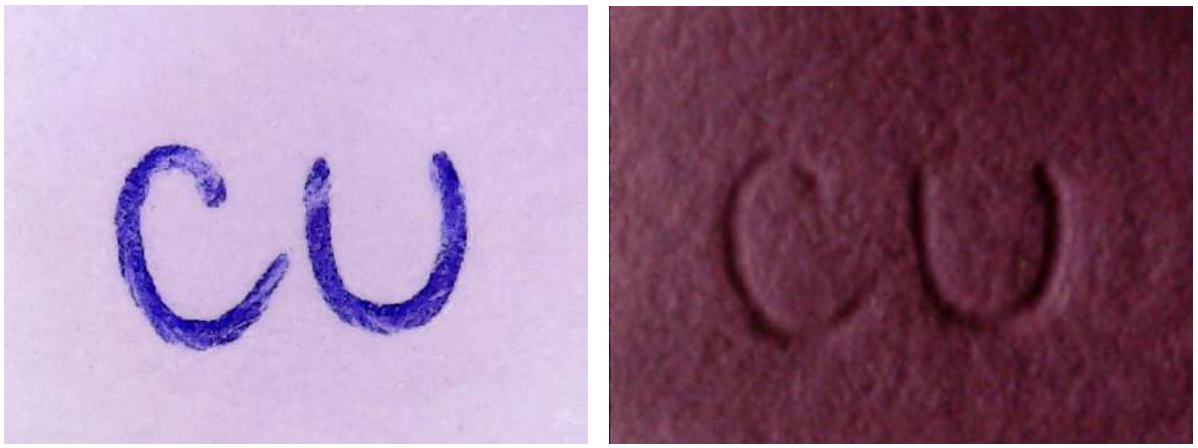
กรณีต้นฉบับเขียนซ้ำอีกครั้ง

รูปที่ ข.9 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยแสงขาว และฝั่งขวาคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านซ้าย

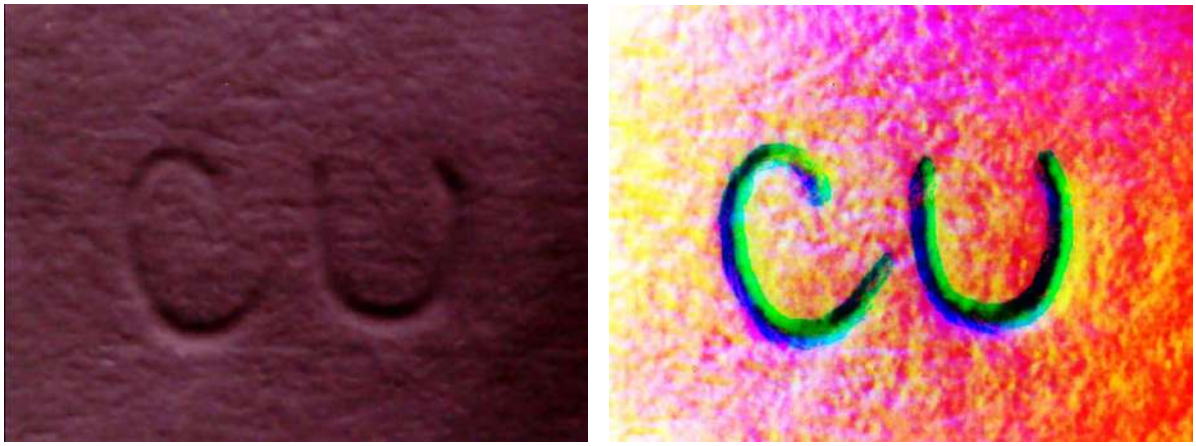


รูปที่ ข.10 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านบน และฝั่งขวาคือภาพที่เกิดจากการรวมกันทั้งสามรูป กรณีแสงขาว รังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้ายและด้านบน

กรณีต้นฉบับเขียนซ้ำอีกครั้ง

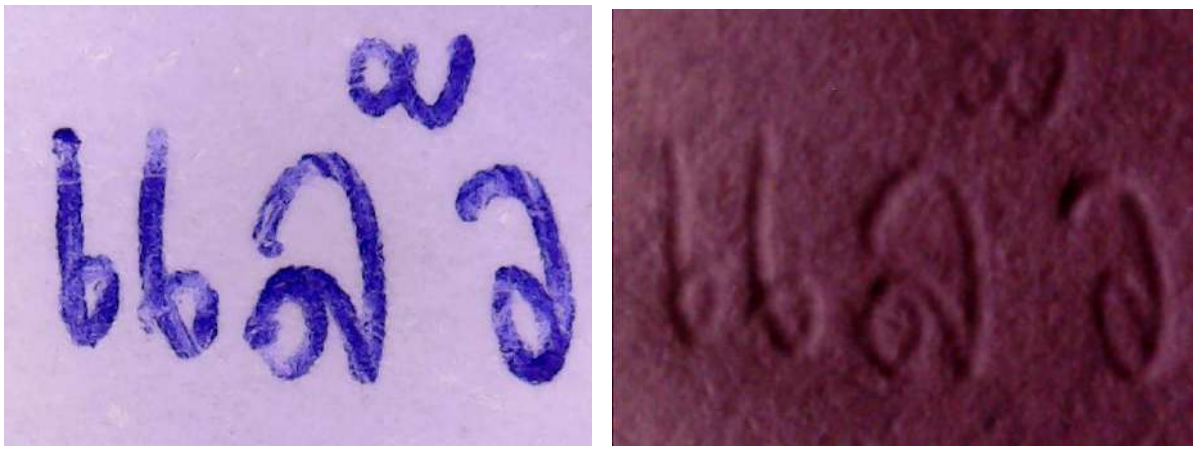


รูปที่ ข.11 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยแสงขาว และฝั่งขวาคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านซ้าย

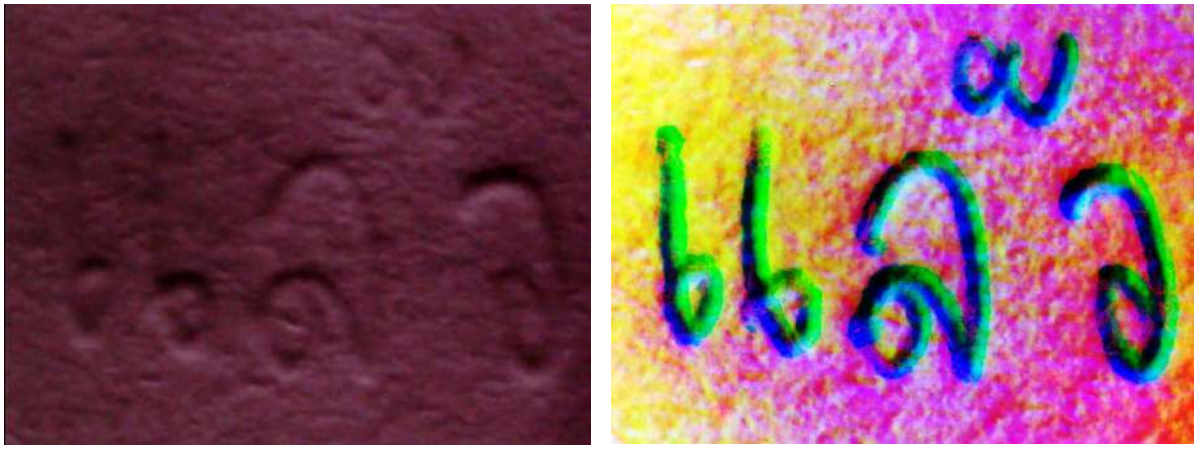


รูปที่ ข.12 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านบน และฝั่งขวาคือภาพที่เกิดจากการรวมกันทั้งสามรูป กรณีแสงขาว รังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้ายและด้านบน

กรณีต้นฉบับเขียนซ้ำอีกครั้ง



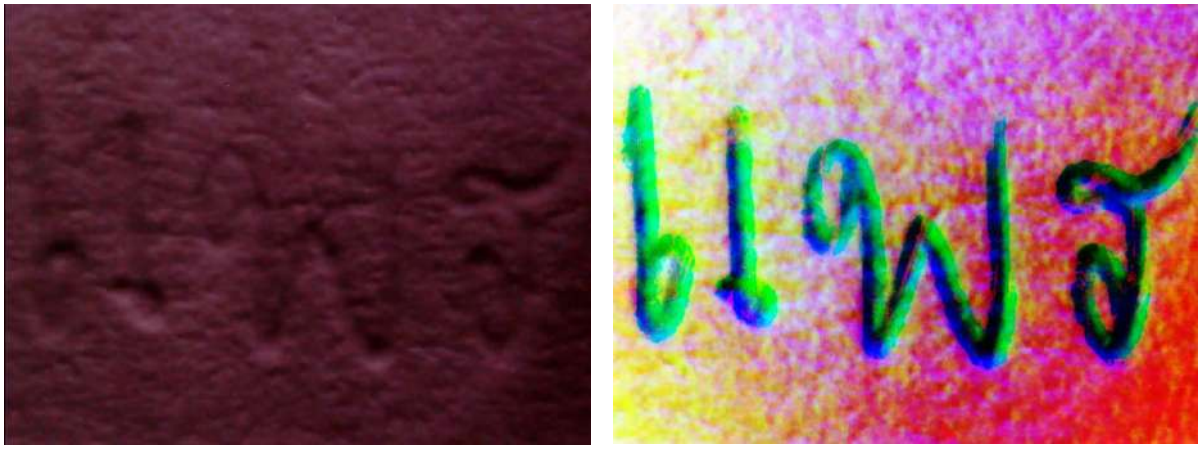
รูปที่ ข.13 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยแสงขาว และฝั่งขวาคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านซ้าย



รูปที่ ข.14 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านบน และฝั่งขวาคือภาพที่เกิดจากการรวมกันทั้งสามรูป กรณีแสงขาว รังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้ายและด้านบน

กรณีต้นฉบับเขียนซ้ำอีกครั้ง

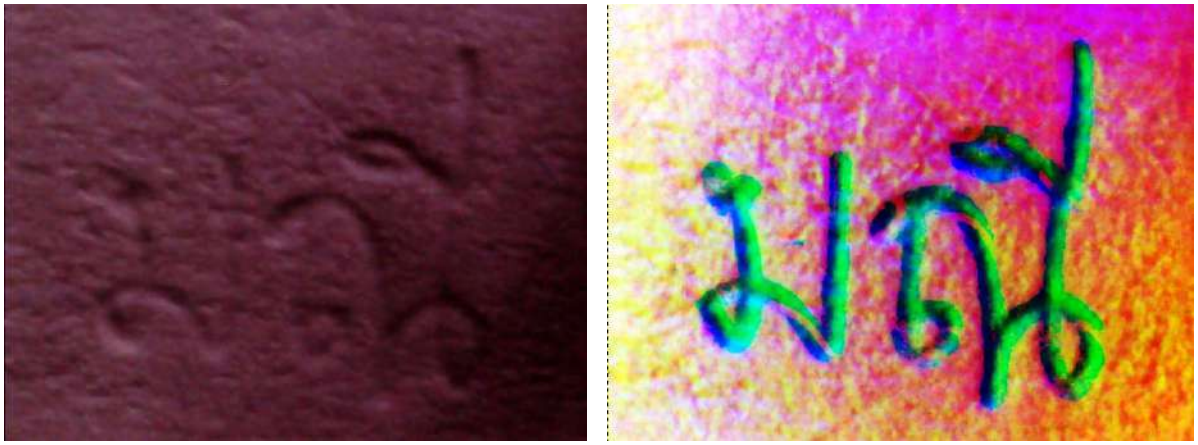
รูปที่ ข.15 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยแสงขาว และฝั่งขวาคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านซ้าย



รูปที่ ข.16 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านบน และฝั่งขวาคือภาพที่เกิดจากการรวมกันทั้งสามรูป กรณีแสงขาว รังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้ายและด้านบน

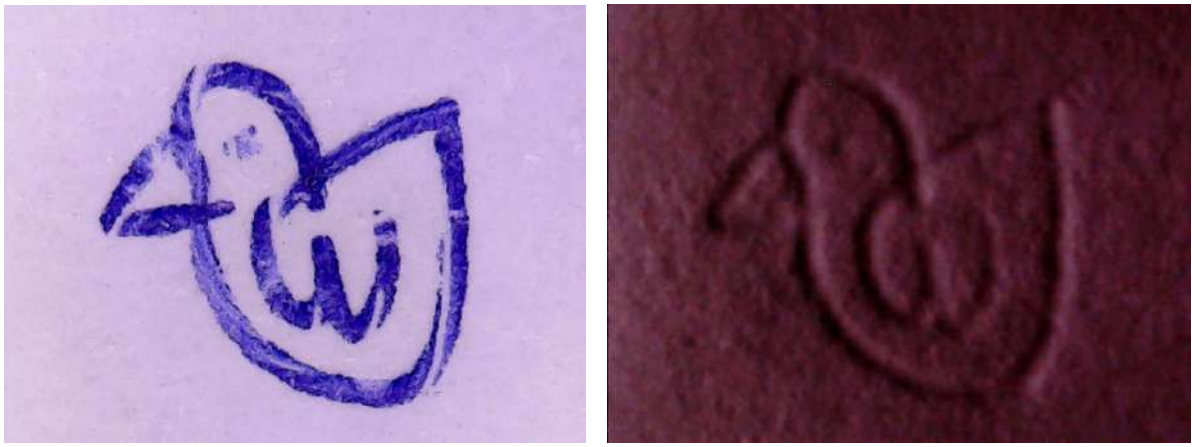
กรณีต้นฉบับเขียนซ้ำอีกครั้ง

รูปที่ ข.17 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยแสงขาว และฝั่งขวาคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านซ้าย

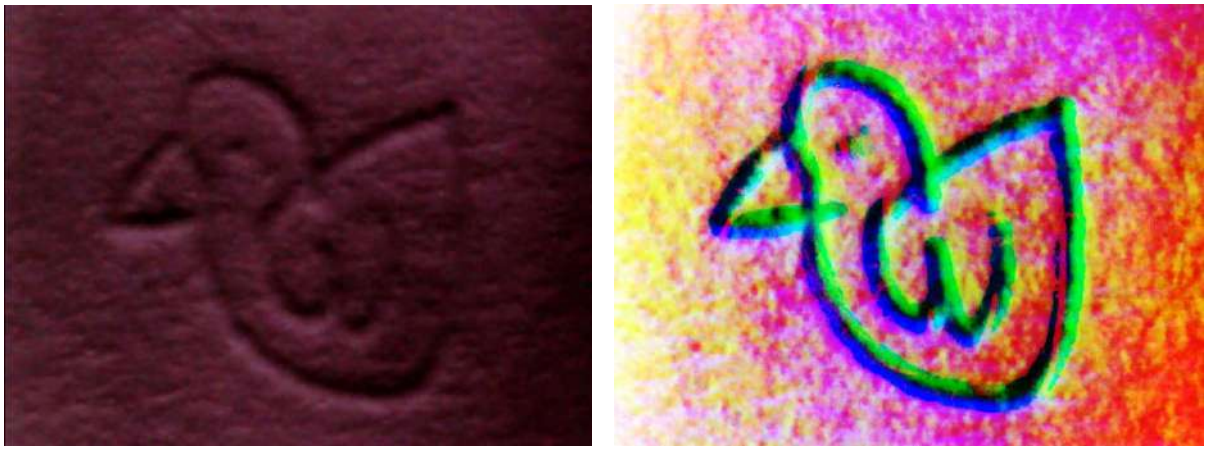


รูปที่ ข.18 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านบน และฝั่งขวาคือภาพที่เกิดจากการรวมกันทั้งสามรูป กรณีแสงขาว รังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้ายและด้านบน

กรณีต้นฉบับเขียนซ้ำอีกครั้ง



รูปที่ ข.19 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยแสงขาว และฝั่งขวาคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านซ้าย



รูปที่ ข.20 : ฝั่งซ้ายคือภาพที่ถ่ายด้วยการให้รังสีอินฟราเรดจากด้านบน และฝั่งขวาคือภาพที่เกิดจากการรวมกันทั้งสามรูป กรณีแสงขาว รังสีอินฟราเรดจากทางด้านซ้ายและด้านบน