บทที่ 4

การวิเคราะห์ยางแผ่นโดยการประมวลผลภาพ

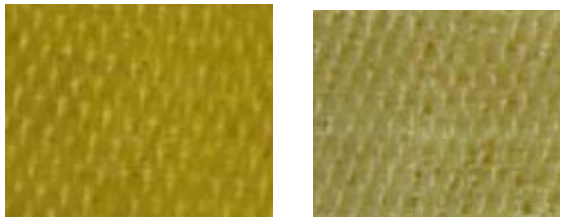
4.1 บทนำ

โครงงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการแยกงานวิจัยออกเป็นส่วนๆ อันได้แก่การตรวจสอบลายยาง การตรวจสอบสิ่งสกปรก ฟองอากาศและราขาว งานวิจัยได้อาศัยโปรแกรมที่ช่วยในการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์แมทแล็ป(MATLAB) เนื่องจากโปรแกรมมีเครื่องมือในการพัฒนาทางด้านประมวลผลภาพ(Image Processing)อยู่มากมาย ผู้วิจัยได้นำมาใช้เพื่อทดสอบแนวคิดที่ได้จากผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและแนวความคิดที่ได้จากการประยุกต์จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สำหรับภาพที่ใช้ในงานวิจัยได้จากการถ่ายภาพแผ่นยางด้วยกล้องดิจิตอล จากนั้นจึงนำภาพเข้าสู่โปรแกรมเพื่อทำการประมวลผลภาพต่อไป

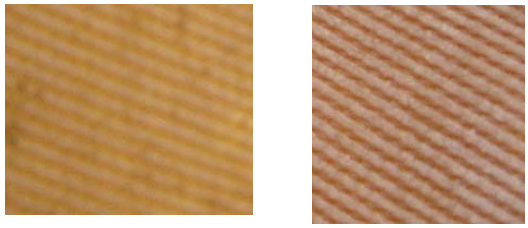
4.2 การตรวจสอบลายยาง

การตรวจสอบลายยางในงานวิจัยฉบับนี้ทำการตรวจสอบเฉพาะความสม่ำเสมอของลายเท่านั้น จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา[5] พบว่ามีงานวิจัยที่มีลักษณะคล้ายกับงานวิจัยฉบับนี้คืองานวิจัยที่ชื่อว่า การตรวจสอบลายแผ่นแป้งด้วยวิธีการประมวลผลภาพ ในงานวิจัยได้ใช้หลักการดังต่อไปนี้ ก่อนการแปลงภาพไบนารีเริ่มจากการใช้วิธีการเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก เพื่อลดการรบกวนจุดภาพที่เกิดจากผงแป้งที่กระจายอยู่ทั่วไปบนแผ่นแป้ง จากนั้นใช้เทคนิคLoG(Laplacian of Gaussian) จากนั้นแปลงเป็นภาพไบนารีแล้วทำการตัดภาพเป็นชิ้นเล็กๆ ทำการหาค่า Co-occurrence matrix ทุกชิ้นย่อย เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับ ช่วงค่า Co-occurrence matrix ของต้นแบบที่ดี เพื่อทำการจำแนกภาพที่ดีและเสียจนครบทั้งผืนแป้ง จากนั้นทำการตัดสินว่าแผ่นแป้งมีลายสม่ำเสมอหรือไม่จากจำนวนภาพที่ดีและภาพที่เสีย

ผู้วิจัยได้นำหลักการที่กล่าวมาพิจารณาพบว่าไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ลายยาง เนื่องจากการวิเคราห์ลายยางนอกจากวิเคราะห์ความสม่ำเสมอของลายยังทำการวิเคราะห์ความเด่นชัดของลายด้วย ซึ่งหากพบว่าลายมีความเด่นชัดย่อมแสดงว่าแผ่นยางมีลักษณะที่บางและมีความยืดหยุ่นที่ดี(จากการสัมภาษผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบลายยาง) ซึ่งงานวิจัย[5] เน้นเฉพาะลักษณะลายที่เหมือนกับต้นฉบับเท่านั้น ลักษณะของลายแผ่นยางทั้งเด่นชัดและไม่เด่นชัดดังรูปที่ 23



(ก)ลายยางที่ไม่เด่นชัด



(ข) ลายยางที่เด่นชัด

รูปที่ 23 ลักษณะลายยางที่แตกต่าง

ลายที่แตกต่างกันเนื่องจากเครื่องมือรีดลายที่เกษตรกรใช้ เป็นลักษณะลูกกลิ้ง 2 อัน ประกอบกัน หากเกษตรกรทำการปรับลูกกลิ้งห่างกันมากลายก็เปลี่ยนไปและทำให้ลายไม่เด่นชัด ส่งผลให้แผ่นยางมีความหนาขึ้นได้ รูปที่ 24 ลักษณะเครื่องรีดลายยางแผ่น

รูปที่ 4.2 ลักษณะเครื่องรีดลายยางแผ่น

ผลงานวิจัย[5]มีการใช้เทคนิคในการกำจัดผงแป้งซึ่งเป็นอุปสรรคในการประมวลผลภาพซึ่งแผ่นยางก็มีปัญหานี้เช่นกัน เนื่องจากราขาวกับผงแป้งมีลักษณะคล้ายกันดังรูปที่ 25 ผู้วิจัยจึงนำวิธีการดังกล่าวมาใช้ในการเตรียมภาพก่อนการประมวลผลภาพเพื่อกำจัดราขาว วิธีดังกล่าวคือการกรองเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักผลปรากฏพบว่าได้ผลที่ดี หลังจากกำจัดราขาวแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็เป็นขั้นตอนในการกำจัดแสงเงาในการถ่ายภาพ จากนั้นจึงทำการหาขอบภาพ (Edge Detection)

วิธีการที่ใช้ในการหาขอบภาพในงานวิจัยได้ทำการทดลองหาขอบภาพโดยวิธีการต่างๆตามหลักการประมวลผลภาพเช่นSobel,Robert,LoG,Canny ผลการทดลองจะกล่าวละเอียดในหัวข้อการหาขอบภาพแผ่นยาง

รูปที่ 25 แผ่นยางทดสอบที่มีราขาวปกคลุม

สำหรับการตรวจสอบความสม่ำเสมอของลายใช้หลักการแบ่งภาพ ซึ่งผ่านขบวนการหาขอบภาพแล้วออกเป็นส่วนๆ ลักษณะภาพที่ได้จะมีลักษณะเป็นลายเส้นที่ชัดเจน จากนั้นทำการนับจำนวนเส้นที่ปรากฏในแต่ละส่วนเทียบกับจำนวนเส้นมาตราฐาน หากจำนวนเส้นของภาพทดสอบใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดแสดงว่าภาพดี สำหรับการตัดสินใจว่าลายสม่ำเสมอหรือไม่ใช้หลักทางสถิติ โดยพิจารณาเปอร์เซ็นต์ชุดภาพที่ดีหากเกินครึ่ง(50%)ก็ถือได้ว่าลายยางที่ทดสอบมีความสม่ำเสมอ สำหรับค่าที่กำหนดได้จากการทำงานจริงของผู้ตรวจสอบคุณภาพยางแผ่น โดยผู้ตรวจสอบจะพิจารณาหากพบว่าลายมีลักษณะสม่ำเสมอเพียงครึ่งก็ถือได้ว่าแผ่นยางมีความสม่ำเสมอทั้งแผ่นได้ ผลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ คุณประชา อรุณโรจน์ เจ้าหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพยาง (สำนักตลาดกลางยางพารา จังหวัดสงขลา)

จำนวนเส้นมาตรฐานในงานวิจัยฉบับนี้ได้จากแผ่นยางชั้น 1 (จากศูนย์วิจัยตลาดกลางยางพารา จังหวัดสงขลา) ซึ่งแผ่นยางมีลักษณะลายสม่ำเสมอและเด่นชัดขนาดภาพ800x800จุด จากนั้นนำมาผ่านขบวนการหาขอบภาพต่อมาทำการแบ่งภาพออกเป็นส่วนๆเท่ากัน100x100จุดซึ่งจะได้ภาพทั้งสิ้น 64 ภาพ จากนั้นทำการนับจำนวนเส้นในแต่ละภาพหาค่าเฉลี่ยของจำนวนเส้นทั้งหมดก็จะได้ค่าเส้นมาตรฐาน ในงานวิจัยได้ค่าเท่ากับ 19 เส้น สำหรับแผ่นยางที่จะทำการตรวจสอบจะต้องนำมาผ่านขบวนการเหมือนกับแผ่นยางมาตรฐานตั้งแต่ระยะการถ่ายภาพรวมทั้งการแบ่งภาพทดสอบสำหรับลายละเอียดการถ่ายภาพอยู่ในภาคผนวก สุดท้ายก็เข้าสู่ขั้นตอนวิเคราะห์ความสม่ำเสมอของลาย ต่อไปจะขอแนะนำเทคนิคแต่ละขั้นตอนที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้

4.2.1 การเตรียมภาพก่อนการประมวลผลภาพ

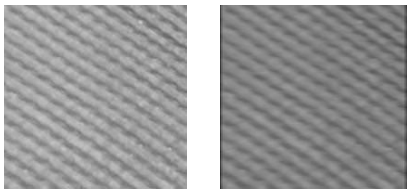
การเตรียมภาพเริ่มต้นจากการแปลงภาพให้เป็นภาพขาวดำ 256 ระดับ ต่อมาผ่านวิธีการกรองเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักภาพซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ใช้ตัวกรองดังรูปที่ 26 เพื่อลดการรบกวนของจุดภาพที่เกิดจากสิ่งปลอมปนบนยางแผ่นที่เรียกว่าราขาวที่กระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งเป็นขั้นตอนก่อนการแปลงภาพไบนารี รูปที่ 27 ภาพขาวดำขนาด 100x100 จุดเปรียบเทียบภาพที่ผ่านการกรองเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักกับภาพต้นฉบับ

2	1	2
1	4	1
2	1	2

$$\times \frac{1}{16}$$

รูปที่ 26 ตัวกรองเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก

เมื่อผ่านขั้นตอนนี้ราขาวที่ปรากฏอยู่บนแผ่นภาพจะถูกขจัดไป นำภาพที่ได้มาทำการกำจัดแสงเงาที่เกิดจากการถ่ายภาพต่อไป



(ก) (ข)

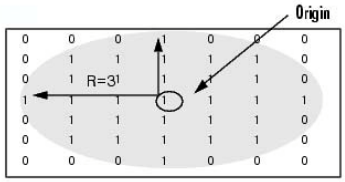
รูปที่ 27 (ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ภาพที่ผ่านการกรอง เฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก

4.2.2 เทคนิคการหาความกระจ่างของภาพ

เนื่องจากปัญหาเรื่องแสงเงาที่เกิดจากการถ่ายภาพมีผลต่อการวิเคราะห์ภาพมาก จึงจำเป็นต้องมีการหาความกระจ่างของภาพเพื่อแก้ปัญหาเรื่องแสงเงา หลักการหาความกระจ่างของภาพอาศัยการหาค่าการกระจายของจุดสีของภาพในรัศมีที่ได้กำหนดไว้ รูปที่ 28 แสดงหลักการหาค่าการกระจายจุดสีลักษณะวงกลม

งานวิจัยฉบับนี้ได้หาการกระจายจุดสีภาพแบบวงกลมรัศมีเท่ากับ 15 จุด ขนาดรัศมีของวงกลมขึ้นกับความละเอียดในการกำจัดแสงเงา หากต้องการละเอียดให้กำหนดรัศมีน้อยๆ ซึ่งเหมาะกับขนาดภาพที่มีขนาดเล็กแต่ส่งผลทำให้เพิ่มเวลาในการประมวลผลมากขึ้น รูปที่ 29 ภาพที่ผ่านการหาค่าความกระจ่างของภาพ

จากนั้นทำการนำภาพต้นฉบับมาลบกับภาพที่หาความกระจ่าง ซึ่งจะทำให้ลดแสงเงาของภาพได้ ปรากฏภาพที่ได้มืดมากแต่แสงเงาก็ถูกกำจัดไปได้ จากนั้นจึงนำภาพที่ได้ไปเพิ่มค่าความสว่าง ภาพก็จะคมชัดขึ้นดังรูปที่ 30



รูปที่ 28 การกระจายจุดสีในลักษณะวงกลมรัศมีเท่ากับ 3

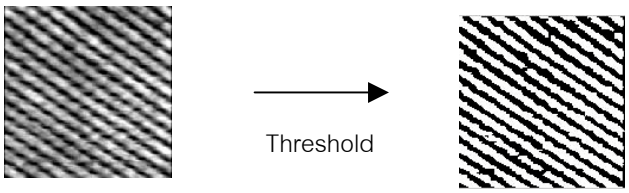
รูปที่ 29 ภาพที่กระจายจุดสีภาพรัศมี 15 pixel

(ก) (ข)

รูปที่ 30 (ก)ภาพที่ลบกันระหว่างภาพต้นฉบับกับภาพกระจ่างพื้นหลัง
(ข) ภาพที่ผ่านการปรับความสว่าง

เมื่อได้ภาพที่คมชัดก็ทำการหาค่าเทรสโฮลด์ เพื่อเปลี่ยนเป็นภาพขาวดำก่อนจะนำไปหาขอบภาพโดยวิธีของเคนนี หลักการกำจัดแสงเงาโดยวิธีการปรับค่าความกระจ่างพื้นหลังได้แสดงไว้ในรูปที่ 31

(ภาพผ่านการกรองเฉลี่ย - ภาพความกระจ่างพื้นหลัง) = ภาพผลลัพธ์

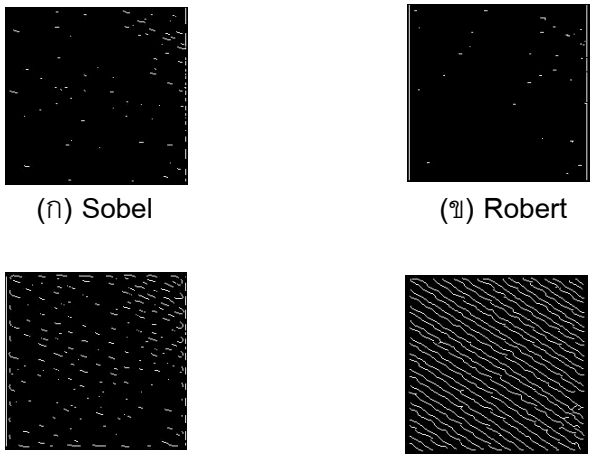


ภาพที่ปรับความสว่างแล้ว ภาพขาวดำ

รูปที่ 31 เทคนิคการหาความกระจ่างของภาพซึ่งใช้ในการตรวจสอบลายยาง

4.2.3 การหาขอบภาพยางแผ่น

หลังจากได้ทำการขจัดสิ่งรบกวนบนผิวยางแผ่นแล้วก็ถึงขั้นตอนในการหาขอบภาพ การหาขอบภาพตามวิธีการของ Sobel,Robert,LoGและCanny ผลปรากฏว่าเทคนิคที่ได้ผลดีที่สุดคือวิธีการของเคนนี ซึ่งลายเส้นของแผ่นยางปรากฏอย่างชัดเจนดังรูปที่ 32



(ก) Sobel (ข) Robert

(ค) LoG (ง) Canny

รูปที่ 32 เปรียบเทียบวิธีการหาขอบภาพวิธีการต่างๆ

สำหรับเทคนิคการหาขอบภาพโดยวิธีเคนนี จัดได้ว่าเป็นเทคนิคที่เหมาะกับงานที่ต้องการลายเส้นของภาพตัวอย่างเช่นรูปเส้นทางถนนที่อยู่ในแผ่นที่เป็นต้น [4] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอื่นๆที่ใช้ในลักษณะเดียวกันเช่น ลายของภาพ ลายวัสดุสิ่งของ และลายไม้ [22][23][24][25] เทคนิคการหาขอบภาพแบบเคนนีสามารถสรุปได้ดังนี้

เริ่มแรกใช้ตัวกรองสัญญาณภาพของเกาส์เซียน(Gaussian) แบบสองมิติดังสมการ (4-1)

$$G(i,j) = e^{-\left(\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}\right)} \tag{4-1}$$

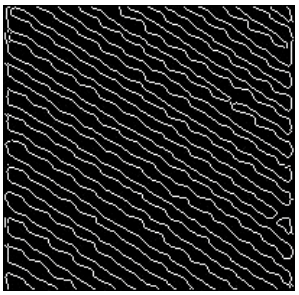
และสามารถหาตำแหน่งของขอบภาพได้โดยสมการที่ [2]

ถ้า $\frac{\partial^2 G(i,j)}{\partial n^2} \otimes g(x,y) = 0$ แสดงว่าเป็นขอบภาพ (4-2)

โดยที่ $$n = \frac{\nabla(G(i,j) \otimes g(x,y)}{\left|\nabla(G(i,j) \otimes g(x,y))\right|} \tag{4-3}$$

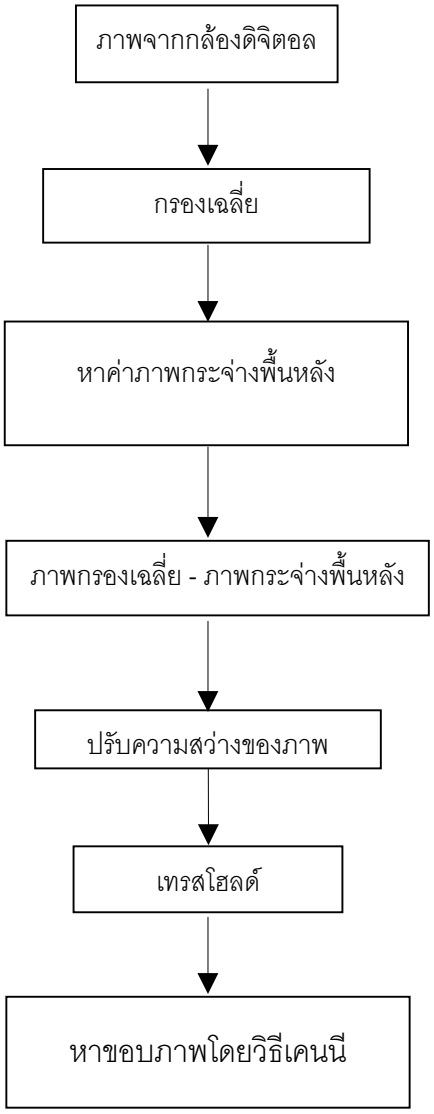
เมื่อ n เป็นทิศทางที่ตั้งฉากกับจุดที่เป็นขอบภาพ

การหาขอบภาพโดยวิธีของเคนนี ยังใช้ได้ดีกับภาพที่มีสัญญาณรบกวนชนิดที่เป็นความถี่สูง(White Noise)[4] เนื่องจากภาพทดสอบที่ผ่านขั้นตอนการกำจัดแสงเงาจะเป็นภาพที่มีการรบกวนแบบความถี่สูง ดังนั้นวิธีนี้จึงเหมาะและได้ข้อมูลเส้นที่ถูกต้อง รูปที่ 33 ผลจากการหาขอบภาพจากวิธีเคนนี ซึ่งจะได้ภาพไบนารีที่พร้อมจะนำไปวิเคราะห์ต่อไป



รูปที่ 33 ขอบภาพที่ได้จากวิธีเคนนี

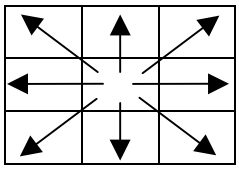
หากสรุปขั้นตอนในการหาขอบภาพจากงานวิจัยฉบับนี้สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 34



รูปที่ 34 หลักการหาขอบภาพในงานวิจัย

4.2.4 การวิเคราะห์ความสม่ำเสมอของลายเส้นบนภาพ

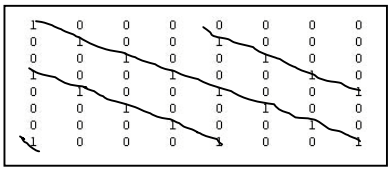
การวิเคราะห์เริ่มต้นจากการแบ่งภาพที่ผ่านการหาขอบภาพ โดยแบ่งออกเป็นส่วนๆ เท่ากัน ในการทดลองใช้ภาพต้นฉบับขนาด 800x800 จุด จากนั้นแบ่งภาพออกเป็น 16 ภาพ ขนาดเท่ากับ 200x200 จุด แต่ละภาพแบ่งเป็น 4 ภาพขนาดเท่ากับ 100x100 จุด ฉะนั้นจะได้ภาพทดสอบทั้งหมด 64 ภาพ ในแต่ละภาพจะถูกคำนวณ เพื่อหาจำนวนเส้นที่ปรากฏในแต่ละภาพ



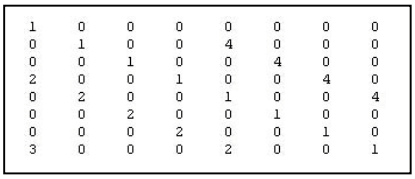
รูปที่ 35 ลักษณะทิศทางจุดภาพต่อเนื่อง 8 ทิศทาง

หลักการหาจำนวนเส้นของภาพใช้หลักการหาจำนวนตัวเลขของความต่อเนื่องของจุดภาพที่อยู่ใกล้กัน หากจุดภาพใกล้กันก็ถือว่าเป็นเส้นเดียวกันในที่นี้ใช้แบบ 8 ทิศทางดังรูปที่ 35

จากการทดลองพบว่าลักษณะแบบ 8 ทิศทางทำให้ครอบคลุม ลักษณะลายเส้นทุกทิศทาง เป็นผลที่ดีทำให้การวางแผ่นยางในแนวใดก็สามารถนับจำนวนเส้นได้ดังรูปที่ 36



(ก) ต้นฉบับที่หาขอบภาพแล้ว



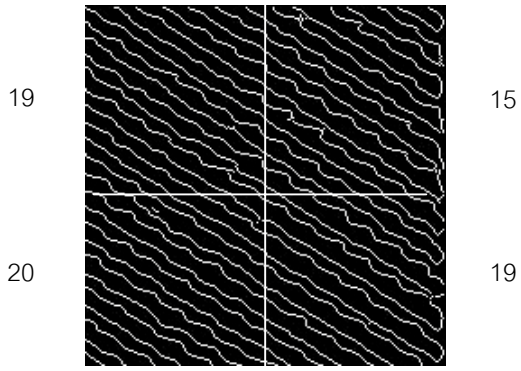
(ข) จำนวนเส้นที่ใช้หลักการแบบ 8 ทิศทาง

รูปที่ 36 การหาจำนวนเส้นที่ปรากฏในภาพไบนารี

เห็นได้ว่าจำนวนเส้นภาพมีอยู่ 4 เส้น จากการคำนวณการหาจำนวนเส้นแบบจุดต่อเนื่อง 8 ทิศทางได้จำนวนตัวเลขของจุดต่อเนื่องเท่ากับ 4 ซึ่งตรงกับรูปภาพไบนารีต้นฉบับ ซึ่งเห็นได้ว่าการหาจำนวนเส้นแบบนี้เหมาะกับเส้นภาพที่มีอยู่ทุกทิศทาง

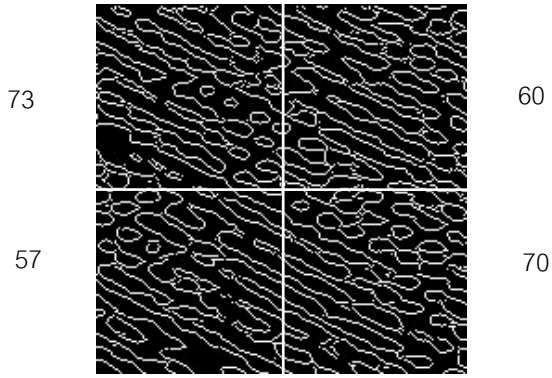
หลังจากได้จำนวนเส้นภาพแต่ละภาพแล้วก็นำมาวิเคราะห์ โดยการนำค่าที่ได้มาเทียบกับจำนวนเส้นภาพของลายที่สมบูรณ์ จากการทดลองจำนวนเส้นภาพที่ได้จากการถ่ายภาพลาย

เส้นยางที่สมบูรณ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19 เส้น หากจำนวนเส้นภาพใดมีเกณฑ์เฉลี่ยใกล้เคียง 19 เส้น ก็จัดได้ว่าภาพส่วนนั้นมีลายที่สมบูรณ์ รูปที่ 37 ชุดภาพที่ได้จากแผ่นยางทดสอบที่ลายสม่ำเสมอ



รูปที่ 37 ภาพที่ลายสม่ำเสมอและเด่นชัด

จากรูปที่ 37 จำนวนเส้นในแต่ละส่วนภาพได้ค่าดังนี้ 19, 15, 20, 19 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.25 คิดเป็น 96% เทียบกับค่ามาตราฐานเฉลี่ย 19 เส้น หากพิจารณารูปภาพที่ 37 ด้วยตาก็พอจะเห็นได้ว่าลายมีความต่อเนื่อง นอกจากมีเส้นที่ต่อเนื่องแล้วยังบอกได้ว่าแผ่นภาพนี้มีลายที่เด่นชัด หากลายเส้นไม่เด่นชัดก็จะได้ผลของเส้นดังรูปที่ 38



รูปที่ 38 ชุดภาพทดสอบที่ลายไม่สม่ำเสมอและไม่เด่นชัด

จากรูปที่ 38 จำนวนเส้นต่อภาพทดสอบได้ค่าดังนี้ 73,60,57,70 แสดงได้ว่าจำนวนเส้นห่างจากค่าเส้นมาตรฐานเฉลี่ยคิดเป็นเปอร์เซ็นได้ 342% เทียบกับค่าเส้นมาตรฐานเฉลี่ย 19 เส้น ซึ่งภาพทดสอบชุดนี้ได้จากแผ่นยางชั้น 3 มีลายไม่เด่นชัด

สำหรับค่าช่วงที่ยอมรับได้ของแผ่นภาพที่ดีของโปรแกรม ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดช่วงค่าอยู่ระหว่าง 50% เพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะการทำงานจริง ส่วนความละเอียดผู้วิจัยได้แบ่งลำดับขั้นดังต่อไปนี้เทียบกับ 100 %

90-110	**ความละเอียดสูงสุด**	ค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วง 10%
80-120	**ความละเอียดสูง**	ค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วง 20%
70-130	**ความละเอียดปานกลาง**	ค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วง 30%
60-140	**ความละเอียดพอใช้**	ค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วง 40%
50-150	**ความละเอียดต่ำ**	ค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วง 50%

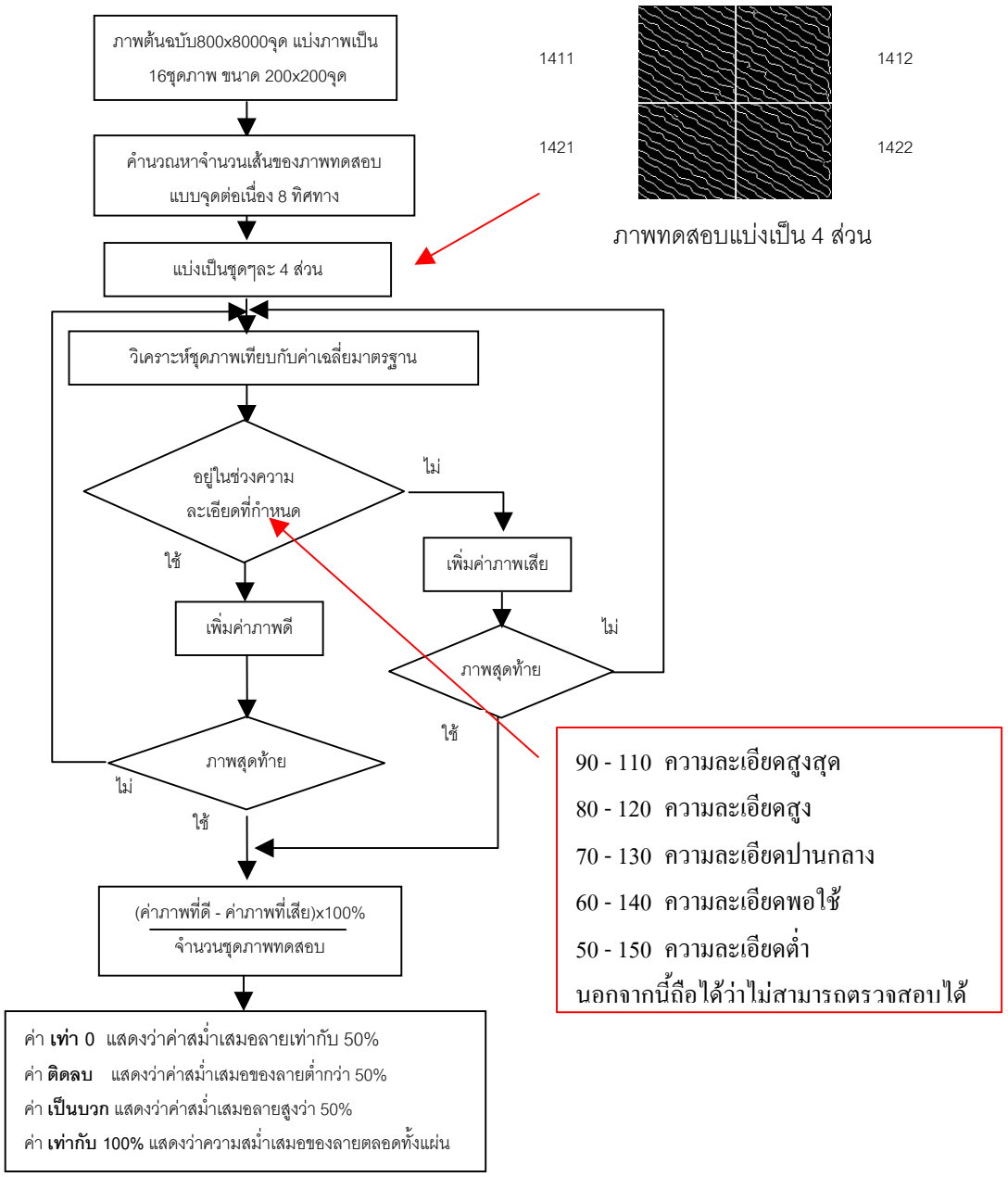
หากอยู่ในช่วง น้อยกว่า 50 และมากกว่า 150 **ถือได้ว่าไม่สามารถตรวจสอบได้**

จากเงื่อนไขที่กำหนดข้างต้นพบว่าค่าจำนวนเส้นที่จะยอมรับได้อยู่ในช่วง 10-29 เส้น เมื่อเทียบกับจำนวนเส้นมาตรฐานที่ 19 เส้น หากจำนวนเส้นอยู่ในช่วงนี้ก็แสดงได้ว่าแผ่นภาพทดสอบเป็นแผ่นภาพที่ดี หากไม่ก็แสดงว่าแผ่นภาพเสีย สำหรับความละเอียดขึ้นกับช่วงที่เลือก

จากนั้นทำการเปรียบเทียบภาพที่ดีและภาพที่เสีย ตามสมการที่ 4-5 หากปรากฏว่าภาพดีทั้งหมดเทียบกับ 100% ค่าเท่า 0 แสดงว่าค่าสม่ำเสมอของลายเท่ากับ 50% ค่าติดลบแสดงว่าค่าสม่ำเสมอของลายต่ำกว่า 50% ค่า เป็นบวก แสดงว่าค่าสม่ำเสมอของลายสูงกว่า 50%

$$\text{เปอร์เซ็นค่าสม่ำเสมอลาย} = \frac{(\text{จำนวนชุดภาพที่ดี} - \text{จำนวนชุดภาพเสีย}) \times 100\%}{\text{จำนวนชุดภาพทดสอบ}} \qquad (4\text{-}5)$$

หากสรุปขั้นตอนการประมวลผลภาพ เพื่อหาความสม่ำเสมอของลายยางในการทดลองของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้พอจะสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังรูปที่ 39



รูปที่ 39 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความสม่ำเสมอของลายยาง

4.3 การตรวจหาสิ่งสกปรก

ขั้นตอนในการตรวจหาสิ่งสกปรกของยางแผ่นปัจจุบันใช้หลักการธรรมชาติ โดยอาศัยหลักการส่องแสงผ่านแผ่นยางจากด้านหลัง ซึ่งจะทำให้สิ่งสกปรกทึบแสงปรากฏขึ้นอย่างชัดเจน จากนั้นจึงค่อยผ่านขบวนการตัดสิ่งสกปรกออก ในงานวิจัยฉบับนี้เน้นเฉพาะการตรวจหาสิ่งสกปรกที่อยู่ในเนื้อยางแผ่นเท่านั้น

ผู้วิจัยได้สร้างอุปกรณ์ช่วยให้แสงเพื่อใช้ในการถ่ายภาพ เพื่อให้ได้ผลของภาพถ่ายที่มีสภาพแวดล้อมเดียวกัน

4.3.1 เครื่องถ่ายภาพแผ่นยาง

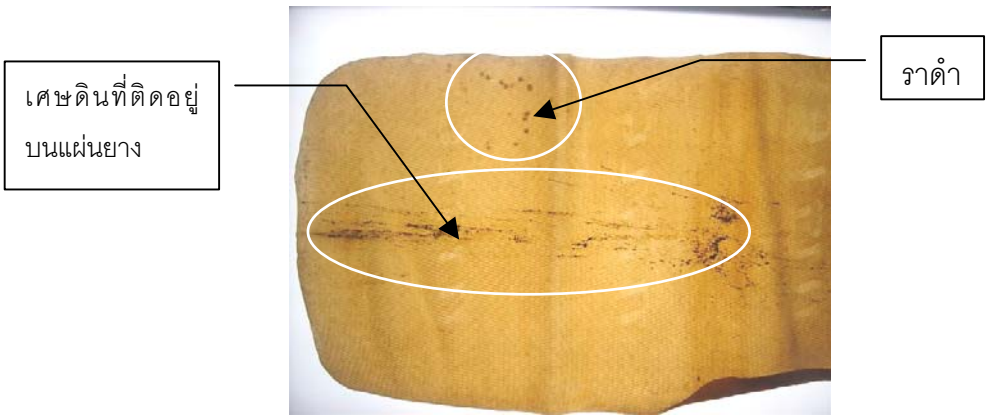
ลักษณะเครื่องถ่ายภาพยางแผ่นอาศัยหลักการแท่นฉายฟิล์มของโรงพยาบาล โดยใช้หลอดฟลูออเรสเซ็นต์วางไว้ภายในกระบะทึบแสง ด้านบนใช้แผ่นพลาสติกขาวขุ่นวาง สาเหตุที่ต้องใช้แผ่นพลาสติกขาวขุ่น เนื่องจากทำให้การกระจายของแสงสม่ำเสมอทั่วแผ่น ภายในใช้กระดาษสะท้อนแสงหุ้มรอบๆ เพื่อทำให้แสงถูกสะท้อนขึ้นเฉพาะด้านบนอย่างสม่ำเสมอดังรูปที่ 40

รูปที่ 40 แท่นถ่ายภาพแผ่นยาง

สำหรับขนาดและวิธีการสร้างอุปกรณ์ถ่ายภาพแผ่นยาง ผู้วิจัยได้อธิบายเพิ่มเติมไว้ในส่วนภาคผนวก

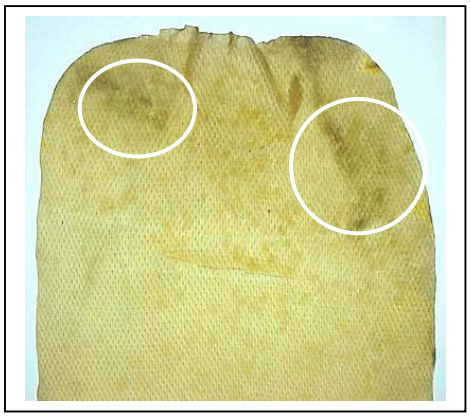
4.3.2 หลักการตรวจสอบสิ่งสกปรกในการทำงานจริง

เมื่อนำแผ่นยางมาวางบนเครื่องถ่ายภาพ จากนั้นเปิดสวิตช์ก็พบว่าปรากฏเห็นสิ่งสกปรกภายในได้อย่างชัดเจน เนื่องจากแผ่นยางเป็นวัสดุโปรงแสงสีเหลือง



รูปที่ 41 สิ่งสกปรกที่ปรากฏหลังจากส่องผ่านแสง

สำหรับสิ่งสกปรกที่ปรากฏในแผ่นยาง ส่วนมากจะเกิดขึ้นในขั้นตอนผลิตและขั้นตอนการเก็บรักษา อาทิเช่น เศษดิน เศษไม้และวัสดุทึบแสงต่างๆที่ปะปนในน้ำยาง ในขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพสิ่งสกปรกลักษณะเช่นนี้จะต้องถูกตัดออก สำหรับราดำดังรูปที่ 41 และลายดำเป็นหย่อมๆดังรูปที่ 42 เป็นสิ่งสกปรกที่เกิดจากการจัดเก็บ สำหรับราดำถือได้ว่ามีผลต่อคุณภาพยางแผ่นจำเป็นต้องถูกตัดออกเช่นกัน ส่วนลายดำเป็นหย่อมๆถือว่ามีผลกระทบต่อคุณภาพน้อยไม่จำเป็นต้องกำจัดแต่ก็ยังจัดว่าเป็นสิ่งสกปรกเช่นกัน



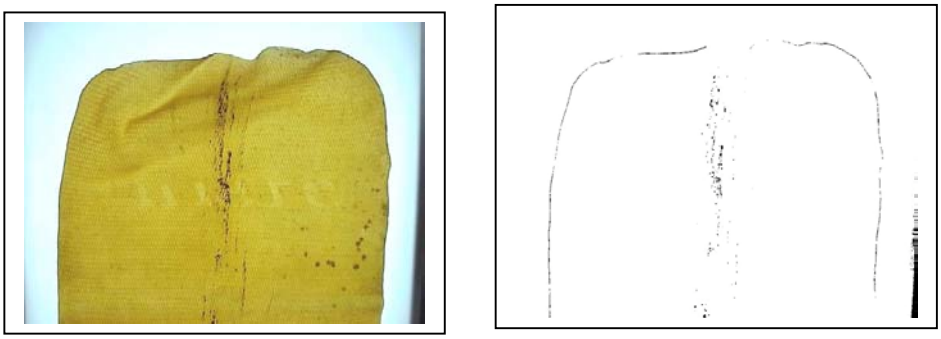
รูปที่ 42 แผ่นยางสิ่งสกปรกเกิดจากขั้นตอนการจัดเก็บ

ลอยพับของแผ่นยางที่เกิดจากการจัดเก็บ จะส่งผลทำให้การประมวลผลภาพผิดพลาดได้ สาเหตุเนื่องจากตรงลอยพับจะเกิดเป็นเงาดำนั้นเองดังรูปที่ 42

4.3.3 ขั้นตอนการประมวลผลภาพโดยคอมพิวเตอร์

ขั้นตอนการประมวลผลภาพเริ่มต้นจากการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอล โดยการนำแผ่นยางวางบนแท่นถ่ายภาพที่มีไฟฟลูออเรสเซ็นต์ส่องอยู่ภายใน ขั้นตอนต่อมาก็เข้าสู่ขบวนการประมวลผลภาพ

จากการสำรวจพบว่ามีงานวิจัยที่คล้ายกับงานวิจัยฉบับนี้มีชื่อว่า <u>การประมวลผลภาพในการตรวจสอบตำหนิของแผ่นยางพารา</u> [6] เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการตรวจสอบหาตำหนิของแผ่นยางและทำการตัดออกงานวิจัยนี้ใช้การหาค่าของสีในแต่ละส่วนของภาพ โดยจะแบ่งภาพออกเป็นส่วนๆนำมาหาฮีสโตแกรมในแต่ละชิ้นภาพที่ได้มาจากการแบ่ง จากนั้นทำการหาค่าเทรสโฮลด์อัตโนมัติ ค่าระดับสีที่ต่ำกว่าค่าเทรสโฮลด์จะถูกแสดงออกมาหากมีค่ามากกว่าที่ตั้งไว้แสดงว่าภาพชิ้นนั้นต้องทำการตัดออก โดยเครื่องอัตโนมัติโดยการบอกตำแหน่งจากตำแหน่งชิ้นภาพรูปที่ 4.21 เป็นภาพที่ผ่านหลักการตรวจหาสิ่งสกปรกในงานวิจัย [6]



(ก) ภาพแผ่นยางตันฉบับที่แสงส่องผ่าน (ข) ผลลัพธ์ที่ได้การประมวลผลภาพ

รูปที่ 4.21 รูปภาพผลลัพธ์ที่ผ่านขั้นตอนงานวิจัย [6]

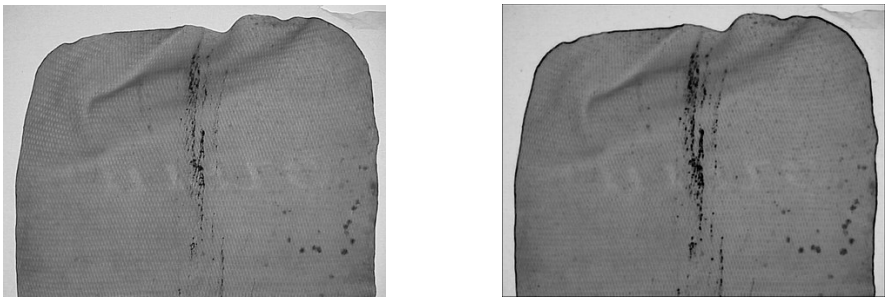
ผลลัพธ์ที่ได้จัดว่าได้ผลลัพธ์ที่ดี เนื่องจากแผ่นยางมีรอยการพับก็ยังไม่ทำให้เกิดการผิดพลาดได้ จากการวิเคราะห์สาเหตุพบว่าการทำฮีสโตรแกรมจะทำให้เกิดการกระจ่ายของค่าฮีสโตรแกรมของภาพซึ่งจะส่งผลให้บริเณนภาพที่มีสีโทนเดียวกันจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ฉะนั้นหากทำการเทรสโฮลด์ก็จะทำให้ได้ผลที่ดีและถูกต้อง จากรูปพบว่าสิ่งสกปรกเล็กน้อยจะไม่ปรากฏเนื่องจากงานวิจัยชิ้นนี้เน้นเฉพาะสิ่งสกปรกที่มีลักษณะทึบแสง ดังรูปที่ 43

ในงานวิจัยฉบับนี้นอกจากหาสิ่งสกปรกทึบแสงแล้วยังหาสิ่งสกปรกอื่นอีกเช่นลายดำยาง สิ่งเจือปนและฟองอากาศ จึงได้ทำการหาเทคนิคอื่นที่ช่วยเสริมให้สิ่งสกปรกชัดเจนขึ้นในที่นี้ได้ใช้เทคนิค 2D-Order Statistic Filtering(min) เทคนิคดังกล่าวช่วยให้จุดสีดำที่อยู่ในภาพชัดเจน

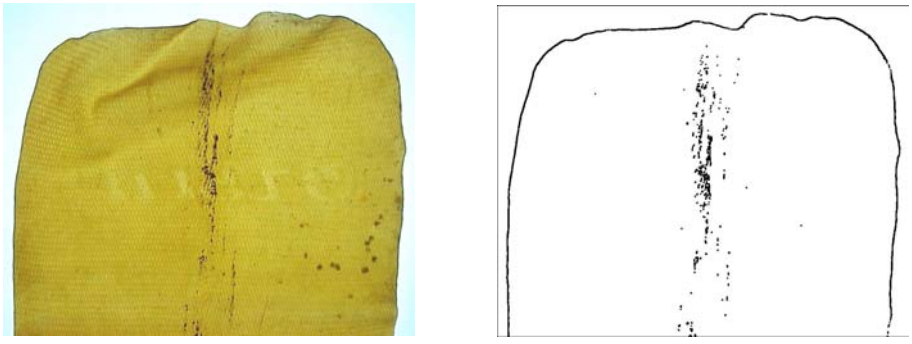
ขึ้นดังรูปที่ 44 วิธีการตรวจหาสิ่งสกปรกแบบแรกที่ผู้วิจัยเลือกใช้โดยยึดตามหลักงานวิจัย [6] แต่ทำการเปลี่ยนจากการใช้ ฮีสโตรแกรม เป็น Unsharp เนื่องจากเก็บรายละเอียดสิ่งสกปรกได้ดีไม่เฉพาะสิ่งสกปรกที่ทึบแสงยังรวมไปถึงฟองอากาศด้วย สมการ 2D-Order Statistic Filtering(Min-Max) แสดงดังสมการที่ (4-5)

$$\hat{f}(x,y) = \max_{(s,t)\in S_{xy}}\{g(s,t)\} \qquad \hat{f}(x,y) = \min_{(s,t)\in S_{xy}}\{g(s,t)\} \tag{4-4}$$

หลักการทำงานของสมการเป็นการดัดแปลงจากวิธีการปรับปรุงคุณภาพแบบการหาค่าเฉลี่ยของภาพ โดยที่หลักการ 2D-Order Statistic Filtering(Min-Max) แทนที่จะเลือกค่ากลางเปลี่ยนเป็นเลือกค่าสูงสุดและต่ำสุดแทน ซึ่งหากใช้ค่าสูงสุดก็จะทำให้ภาพที่มีลักษณะสีขาวเด่นชัดและหากใช้แบบค่าต่ำสุดก็จะทำให้สีดำเด่นชัดขึ้น มีงานวิจัยหลายฉบับที่นำเทคนิคดังกล่าวมาใช้เพื่อเพิ่มความเด่นชัดของลายเส้นของภาพก่อนนำภาพที่ได้ทำการประมวลผลภาพ[12][13][14][15]



รูปที่ 44 ภาพที่ผ่านขั้นตอน 2D-Order Statistic Filtering (min)



รูปที่ 45 ผลการทดลองหาสิ่งสกปรก (Unsharp->2d-order statistic (min)->threshold (1))

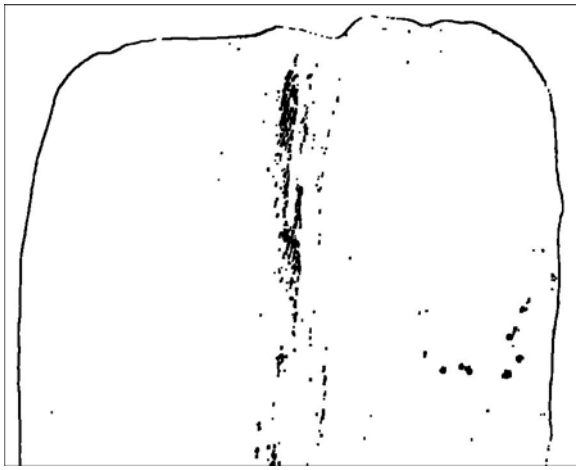
ผลการทดลองพบว่าสิ่งสกปรกทึบแสงปรากฏได้ดีแต่พบว่าราดำบนแผ่นยางจะไม่ปรากฏ หากปรับค่า เทรสโฮลด์อยู่ในช่วง 40 ขึ้นไปก็จะปรากฏดังรูปที่ 46 แต่ก็จะส่งผลให้เกิดเกิดการผิดพลาดเกิดจุดกระจ่าย ซึ่งจุดเหล่านี้เกิดจากสิ่งเจือปนเล็กๆที่ปะปนอยู่ในเนื้อยางแผ่น

รูปที่ 46 ปรับค่าเทรสโฮลด์เป็น 70

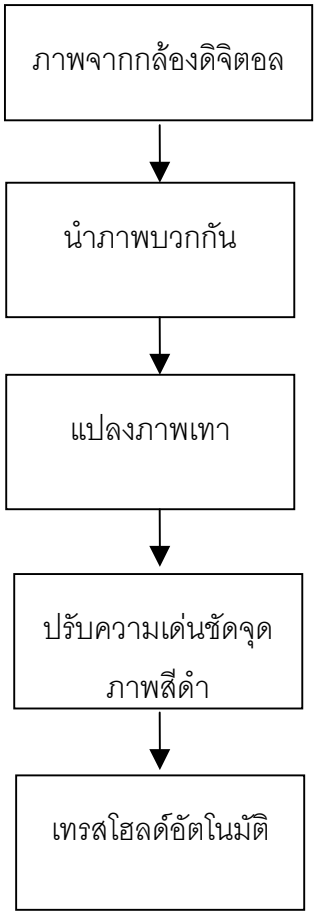
จากการทดลองที่ผ่านมาผู้วิจัยได้ทำการทดลองหาวิธีใหม่โดยทำการทดลองใช้หลักการใหม่ดังรูปที่ 49 สำหรับหลักการหาสิ่งสกปรกโดยวิธีที่สอง เป็นเทคนิคที่ไม่ซับซอนเพียงแต่เพิ่มความเข้มของสีภาพขึ้น 2 เท่าโดยการนำภาพต้นฉบับมาบวกกัน ผลการบวกภาพทำให้ ภาพที่ได้มีค่าสีที่ชัดขึ้นจากเดิมทั้งส่วนที่เป็นสีของยาง(โทนสีเหลือง)และสิ่งสกปรก(โทนสีดำ)ดังรูปที่ 47 มีผลที่ดีทำให้การทำเทรสโฮลด์ทำได้อย่างถูกต้องมากขึ้น

รูปที่ 47 ผลการทดลองนำภาพมาบวกกัน

ผลจากการทดลองพบว่าสิ่งสกปรกปรากฏอย่างชัดเจนเหมาะกับการหาสิ่งสกปรกที่มีสีเข้มได้เป็นอย่างดี รูปที่ 48 เป็นภาพผลการทดลองโดยวิธีที่สอง



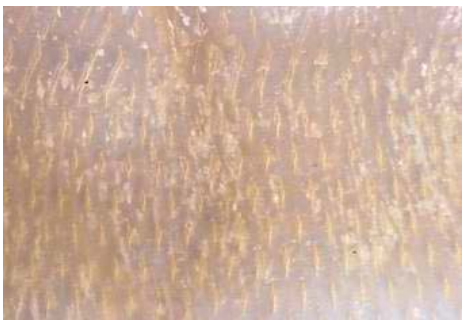
รูปที่ 48 ผลการทดลองหาสิ่งสกปรกวิธีการที่สอง



รูปที่ 49 วิธีการหาสิ่งสกปรกวิธีที่สอง

4.4 วิธีการหาฟองอากาศบนยางแผ่น

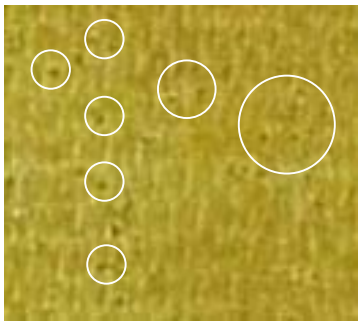
ฟองอากาศในยางแผ่นมีลักษณะสีขาวกลมปรากฏทั่วไปทั้งบนและในเนื้อยางแผ่น หากต้องการตรวจสอบฟองอากาศเพื่อความแน่ใจต้องทำการยืดแผ่นออกดู ถ้าเป็นฟองอากาศสีขาวกลมนั้นจะขยายออก รูปที่ 50 แสดงให้เห็นฟองอากาศที่ปรากฏอยู่ในแผ่นยาง



รูปที่ 50 ฟองอากาศของยางแผ่น

การค้นหาฟองอากาศหากใช้การมองโดยสายตาก็จะมีจุดสังเกตที่ฟองอากาศจะมีลักษณะสีขาวกรณีมีราขาว (White Moulds) ปกคลุมจะทำให้การมองเห็นได้ลำบากยิ่งขึ้น สำหรับผู้มีประสบการณ์สามารถใช้ความชำนาญก็สามารถมองเห็นได้

สำหรับขั้นตอนการประมวลผลภาพฟองอากาศ ผู้วิจัยได้นำแผ่นกระดาษโทนสีเหลืองที่มีสีใกล้เคียงกับแผ่นยางมารองวางบนแท่นถ่ายภาพยางจากนั้นนำแผ่นยางที่มีฟองอากาศมาวางพบว่าฟองอากาศที่มีลักษณะกลมใสปรากฏมีสีเข้มขึ้น และจากการส่องแสงผ่านแผ่นยางทำให้ราขาวที่เกาะบนแผ่นยางไม่มีผลกระทบต่อการประมวลผลภาพเช่นเดียวกับการหาสิ่งสกปรก

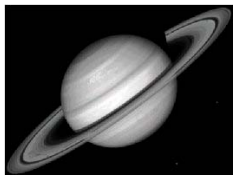
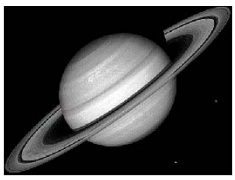


รูปที่ 51 ยางแผ่นที่แสงส่องผ่านปรากฏเห็นฟองอากาศ

หลังจากได้ภาพแผ่นยางที่ผ่านขั้นตอนข้างต้นแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการหาเทคนิคเพื่อแยกเฉพาะราขาว ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคเดียวกับการหาสิ่งสกปรก เนื่องจากฟองอากาศก็เหมือนกันสิ่งสกปรกที่ปะปนอยู่ในเนื้อแผ่นยางแต่ลักษณะเป็นวัตถุกลมใสสีขาว หากสังเกตผ่านๆจะมีลักษณะคล้ายกับราขาว สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวกับการปรับปรุงภาพภ่ายนิยมทำการปรับปรุงคุณภาพแบบอัตโนมัติอัน ได้แก่การปรับอัตโนมัติ(AutoLevel) ฮีสโตรแกรมอีควาไลด์(Histogram Equalization) ก่อนที่จะทำการประมวลผลภาพ[20] ซึ่งการปรับคุณภาพเช่นนี้อาศัยการทำงานของฟังก์ชั่นจึงทำให้เวลานำไปใช้ไม่ต้องปรับตัวแปรมาก รูปที่ 52 แสดงให้เห็นผลลัพธ์ในแต่ละวิธี

(ก) ปรับคุณภาพอัตโนมัติ(AutoLevel)

(ข) ฮีสโตรแกรมอีควาไลด์(Histogram Equalization)

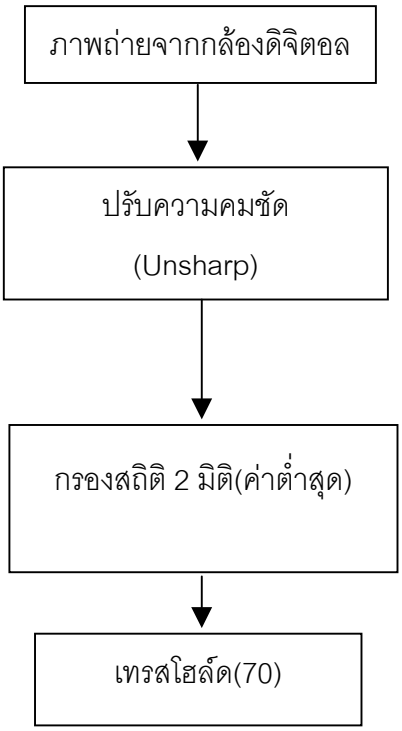



(ค) Unsharp

รูปที่ 52 แสดงผลการปรับปรุงคุณภาพที่ใช้ในการทดลอง

การปรับคุณภาพอัตโนมัติและฮีสโตรแกรมอีควาไลด์มีผลทำให้ภาพเปลี่ยนไปดังนี้ มีความสว่างขึ้นดังรูปที่ 52 (ก) และคมชัดขึ้นดังรูปที่ 52 (ข) จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพพบว่าจุดเล็กๆของภาพเปลี่ยนไปด้วย จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้หาฟองอากาศ ผู้วิจัยได้เลือกการปรับปรุง

คุณภาพแบบUnsharp สำหรับการปรับปรุงคุณภาพแบบนี้เป็นเทคนิคในการเพิ่มความคมชัดของภาพโดยที่รายละเอียดของภาพไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งมีงานวิจัย[16][17][18][19]ได้นำหลักการปรับปรุงคุณภาพแบบนี้มาใช้เพื่อการปรับให้ภาพมีความคมชัด โดยไม่มีการปรับแต่งความเข้มและความสว่างของภาพมีผลทำให้สามารถเก็บรายละเอียดของภาพได้ดีกว่าการปรับแบบอัตโนมัติ สำหรับขั้นตอนการประมวลผลภาพในการหาฟองอากาศในงานวิจัยใช้หลักการ ดังรูปที่ 53



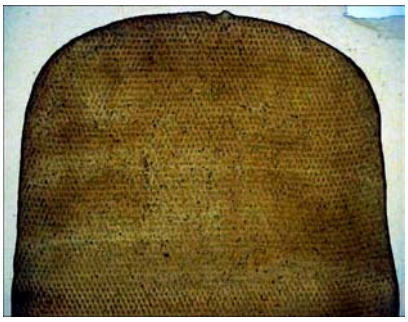
รูปที่ 53 ขั้นตอนการหาฟองอากาศ

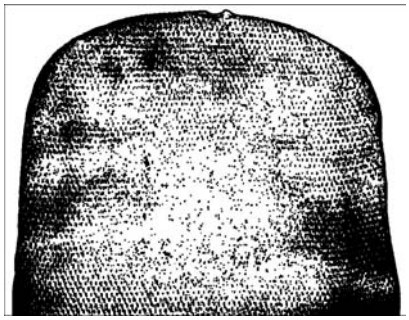
ในการทดสอบใช้การปรับคุณภาพโดยวิธีการดังกล่าวมาทั้ง 3 วิธีเพื่อทำการเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่าการเตรียมภาพก่อนการประมวลผลภาพแบบ Unsharp ทำให้เห็นฟองอากาศและสิ่งสกปรกได้เด่นชัดที่สุด เมื่อเทียบกับอีก 2 วิธีดังแสดงในรูปที่ 54

สำหรับค่าเทรสโฮลด์ได้จากการทดลองทุกลำดับและสังเกตุกับการมองด้วยตาเปล่า พบว่าค่าต่ำๆจะเป็นสิ่งสกปรกทึบแสง หากค่าสูงเกินกว่า 40 ก็จะเริ่มปรากฏสิ่งเจือปนอื่นๆที่อยู่ในแผ่นยางรวมถึงฟองอากาศ หากตั้งค่าเท่ากับ 1 จะได้เฉพาะสิ่งสกปรกทึบแสง และค่าเท่ากับ 70 จะได้ฟองอากาศรวมกับสิ่งสกปรกทึบแสง หากสภาพแวดล้อมในการถ่ายภาพเปลี่ยนไป เช่นแสงหรือสีฟิล์มกรองแสงเปลี่ยน ค่าเทรสโฮลด์ที่ใช้ก็ต้องปรับเปลี่ยนไปด้วย

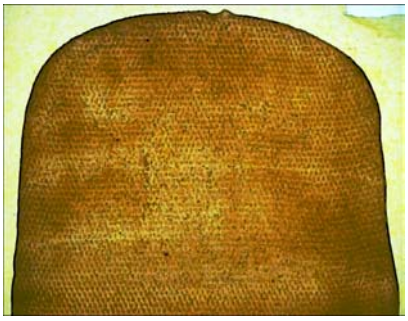
ภาพถ่ายต้นฉบับยางแผ่นที่มีฟองอากาศกระจายอยู่ทั่วไป

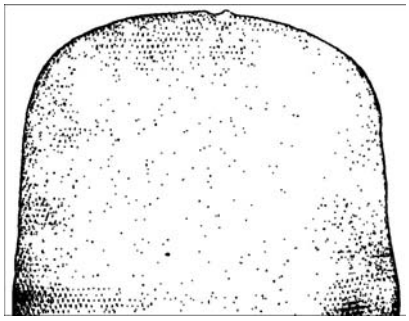
ภาพก่อนทำเทรสโฮลด์ ผ่านค่าเทรสโฮลด์ที่ 70



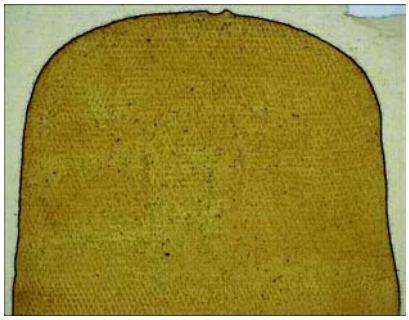


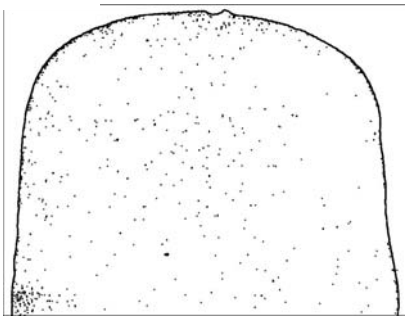
(ก) AutoLevel





(ข) Histogram Equalization

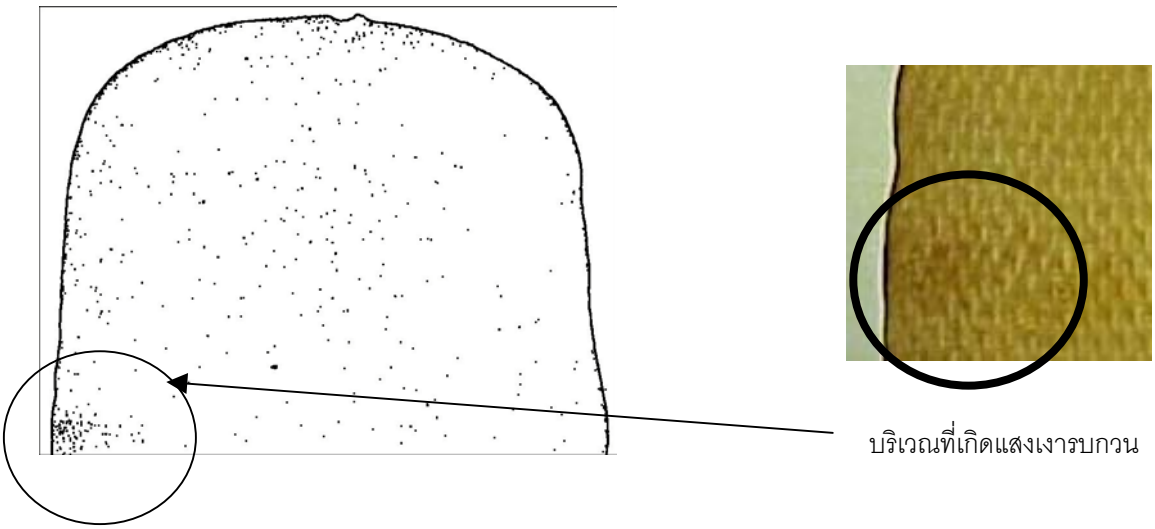




(ค) Unsharp

รูปที่ 54 เปรียบเทียบวิธีการหาฟองอากาศโดยวิธีการประมวลผลภาพแต่ละวิธี

ผลการประมวลภาพตามขั้นตอนรูปที่ 53 พบว่าสิ่งที่ปรากฏนั้นประกอบไปด้วย **สิ่งสกปรกทึบแสง ฟองอากาศ และแสงเงารบกวนภายนอก** ดังรูปที่ 55 สำหรับสิ่งรบกวนที่เกิดจากแสงเงาจะมีผลทำให้เกิดความผิดพลาดได้แต่จะเป็นส่วนน้อย

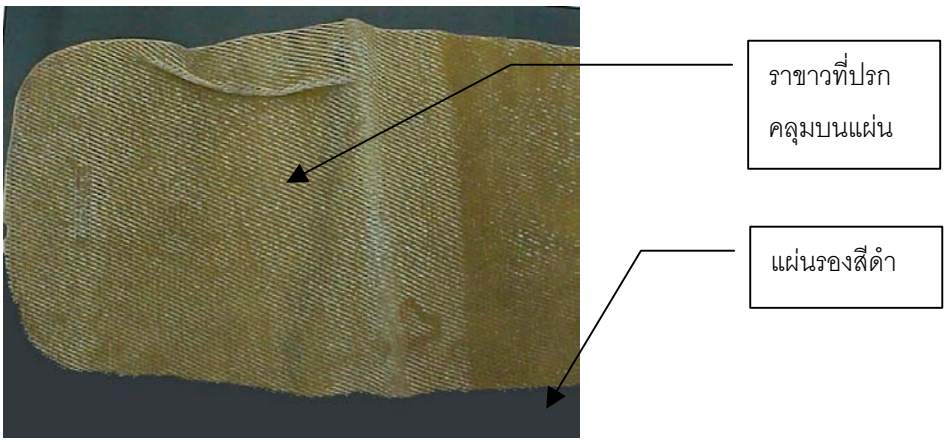


รูปที่ 55 ผลลัพธ์จากการประมวลผลแบบ Unsharp

สำหรับเทคนิคในการหาฟองอากาศถือได้ว่ายังอยู่ในขั้นทดลองหาวิธี ซึ่งวิธีที่ใช้ในงานวิจัยเป็นเพียงเทคนิคหนึ่งที่ได้ผล หากนำไปใช้ต้องทำการปรับปรุงเพื่อให้ได้ผลดียิ่งขึ้น สำหรับข้อเสนอแนะผู้วิจัยได้ทำการเสนอไว้ในบทสุดท้าย

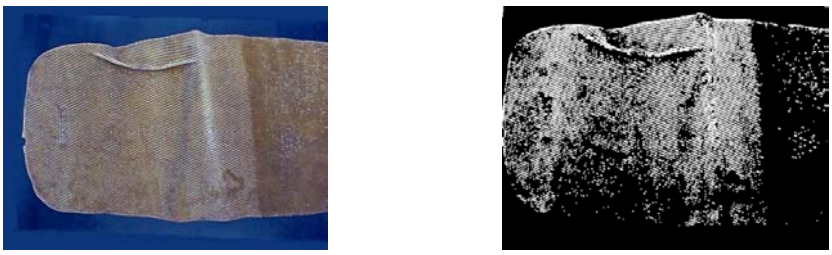
4.5 วิธีการหาราขาวบนยางแผ่น

ลักษณะราขาวหากสังเกตพบว่ามีลักษณะสีขาวปรากฏทั่วไปบนยางแผ่น ซึ่งสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนดังรูปที่ 56



รูปที่ 56 ลักษณะราขาวที่ปกคลุมอยู่บนยางแผ่น

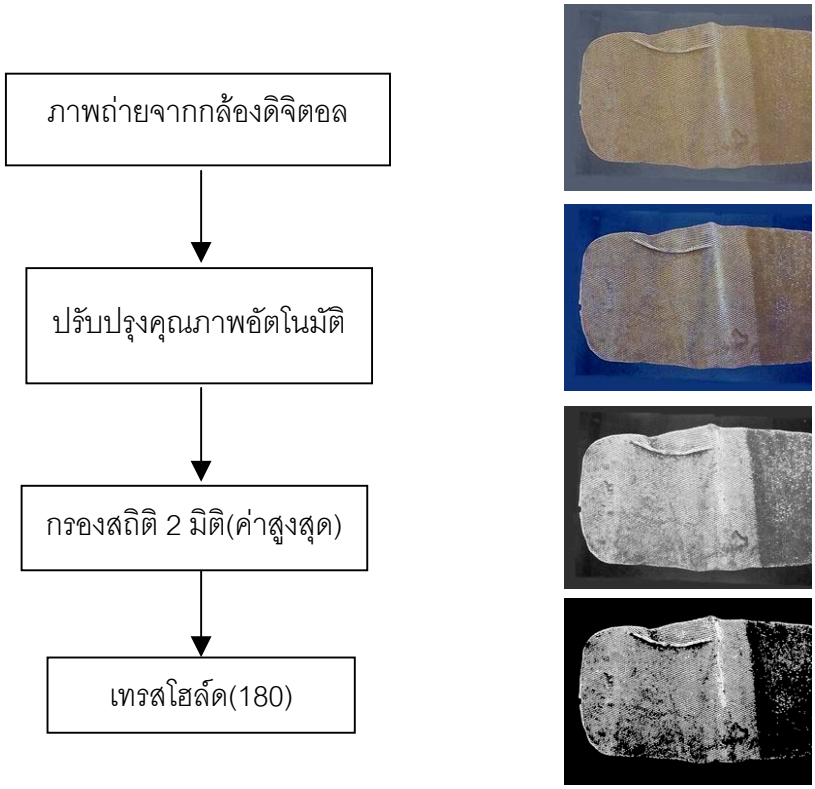
สำหรับการทดลองได้ทำการถ่ายภาพแผ่นยางโดยอาศัยเครื่องถ่ายภาพที่มีการควบคุมแสงและระยะโฟกัสในการถ่ายภาพสำหรับการถ่ายภาพได้ใช้แผ่นกระดาษสีดำรองโดยไม่ต้องใช้แสงส่องด้านล่าง ผลทำให้เห็นสีขาวของราขาวได้อย่างชัดเจนดังรูปที่ 4.34 เนื่องจากราขาวมีโทนสีที่แตกต่างจากแผ่นยางอย่างชัดเจนจึงทำให้ง่ายต่อการตรวจสอบ ผลการทดองที่ได้ถือว่าได้ผลที่ดีดังรูปที่ 57



รูปที่ 57 ผลการทดลองหาราขาวจากแผ่นยางทดสอบ

4.5.1 ขั้นตอนการประมวลผลภาพโดยคอมพิวเตอร์

ขั้นตอนในการประมวลผลภาพเริ่มต้นจากการถ่ายภาพโดยกล้องดิจิตอล โดยการนำยางแผ่นวางบนแท่นถ่ายภาพที่มีไฟฟูลออเรสเซ็นต์ส่อง โดยหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ต้องเป็นไฟแสงธรรมชาติ(Day-Light) เพื่อให้ได้ภาพที่เหมือนการมองของมนุษย์มากที่สุดจากนั้นผ่านขั้นตอนดังรูปที่ 58



รูปที่ 58 ขั้นตอนการหาราขาว

ในการทดลองพบว่าในการตรวจสอบราขาวได้ผลอย่างชัดเจนถูกต้อง เนื่องมาจากการนำเทคนิค 2-D statistic filter(Max) มาใช้ทำให้ภาพที่มีจุดสีขาวปรากฏได้อย่างชัดเจนดังรูปที่ 58 สำหรับเทคนิคการปรับปรุงคุณภาพใช้วิธีการปรับปรุงคุณภาพแบบปรับความเข้มความสว่างอัตโนมัติเพราะทำให้เห็นความแตกต่างของสีอย่างชัดเจนระหว่างสีขาวและสีอื่น สำหรับค่าเทรสโฮลด์ที่ใช้ได้แก่ค่า 180 (ค่าที่ได้จากผลการทดลองเมื่อเทียบผลลัพธ์กับการมองด้วยตาเปล่า) <u>สำหรับค่าเทรสโฮล์ดใช้ได้กับสภาพแวดล้อมในการทดลองนี้เท่านั้นหากนำไปใช้กับสภาพแวดล้อมอื่นเช่น กล้องถ่ายภาพและความเข้มของแสงเปลี่ยนจะต้องปรับค่าเทรสโฮล์ดใหม่</u>