บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองงานวิจัยจากขั้นตอนวิธีการที่ได้นำเสนอ ในการคัดแยกคุณภาพของแผ่นยางพารารมควัน โดยเริ่มจากขั้นตอนในการเก็บภาพเพื่อนำมาใช้ในการประมวลผล การหารอยตำหนิแต่ละชนิด ตลอดจนกระบวนการสุดท้ายอันได้แก่การคัดแยกระดับคุณภาพของแผ่นยางรมควัน ดังนี้

4.1 การเก็บภาพ (Image Capturing)

- 4.1.1 โครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์
- 4.1.2 โครงสร้างทางด้านซอฟท์แวร์

4.2 การตรวจหาฟองอากาศ (Air-Bubble Detection)

- 4.2.1 การเปรียบเทียบผลการคำนวณหาฟองอากาศที่สัญญาณรบกวนระดับต่างๆ
- 4.2.2 การทดลองการคำนวณหาฟองอากาศด้วยวิธีการกระจายตัวของมิติแฟร็กทัล
- 4.2.3 การเปรียบเทียบผลการคำนวณหาฟองอากาศที่พื้นผิวต่างๆ
- 4.2.4 การใช้ค่ามิติแฟร็กทัลร่วมกับค่าพิสัยของระดับสี

4.3 การตรวจหารอยจุดแต้ม (Dirt Detection)

- 4.3.1 การเปรียบเทียบความถูกต้องในการหารอยจุดแต้มด้วยตัวกรองแต่ละชนิด
- 4.3.2 การเปรียบเทียบผลการหารอยจุดแต้มด้วยค่าขีดเริ่มอัตโนมัติแต่ละชนิด
- 4.3.3 การเปรียบเทียบผลการหารอยจุดแต้มเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของแสง

4.4 การตรวจหาราขาว (Mould Detection)

- 4.4.1 การเปรียบเทียบความถูกต้องในการหาราขาวด้วยวิธีต่างๆ

4.5 การคัดแยกคุณภาพแผ่นยางรมควัน (Classification)

- 4.5.1 การคัดแยกคุณภาพแผ่นยางรมควันด้วยค่าความเข้มระดับสี
- 4.5.2 การคัดแยกคุณภาพแผ่นยางรมควันด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

4.6 วิจารณ์ผลการทดลองการตรวจหาฟองอากาศ

4.7 วิจารณ์ผลการทดลองการตรวจหารอยจุดแต้ม

4.8 วิจารณ์ผลการทดลองของระบบโดยรวม

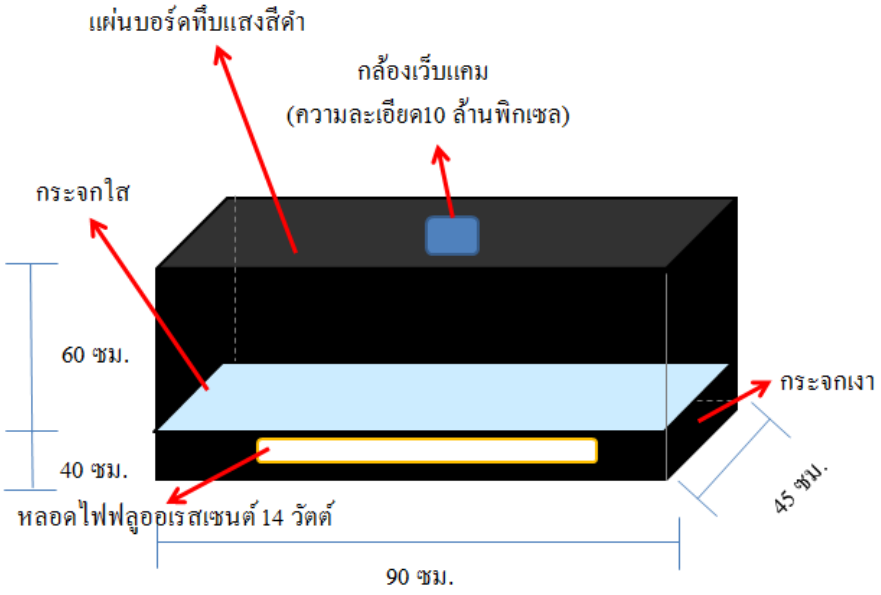
4.1 การเก็บภาพ (Image Capturing)

ภาพแผ่นยางรมควันที่นำมาทดลองนั้นจะเป็นภาพสี (RGB) ขนาด 600 X 900 จุดภาพ ซึ่งได้มาจากการเก็บภาพจากตู้ควบคุมแสงในการถ่ายภาพเพื่อใช้ในการทดลองจะทำการถ่ายภาพจากตู้มืดที่ปิดการส่องแสงจากภายนอก และใช้เพียงแหล่งกำเนิดแสงฟลูออเรสเซนต์จากภายในตู้เท่านั้น เพื่อให้ทุกภาพมาจากภายใต้แสงสว่างที่เหมือนกันแม้ว่าทำการทดลองในเวลาและสิ่งแวดล้อมภายนอกที่ต่างกัน ซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้โครงสร้างเหล็กขนาด 45 x 90 x 100 ซม. ใช้การส่องแสงจากด้านล่างสุด และติดตั้งกล้องจากด้านบนสุดมีแบบจำลองการออกแบบดังรูปที่ 4.1 และแสดงโครงสร้าง ภายในและภายนอกดังรูปที่ 4.2

4.1.1 โครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์

โครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์ประกอบดังต่อไปนี้

- ระยะจากพื้นถึงฐานกระจกใสที่วางยางแผ่นรมควัน 40 เซนติเมตร
- ระยะจากฐานกระจกใสถึงแท่นวางตัวกล้อง 60 เซนติเมตร
- ทุกด้านของบริเวณล่างฐานจะติดกระจกเงาภายในเพื่อให้มีการกระจายแสงทั่วบริเวณ
- ทุกด้านของระยะจากฐานวางจนถึงกล้องปิดด้วยแผ่นพลาสติกสีดำเพื่อป้องกันแสงจากภายนอก
- หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 14 วัตต์ 1 หลอด ติดที่ฐานล่างสุดเพื่อส่องแสงสว่างผ่านยางแผ่นรมควัน
- ชุดสวิตช์ไฟและปลั๊กไฟสำหรับใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์



รูปที่ 4.1 แบบจำลองของของตู้ที่ใช้ถ่ายภาพ

(ก)

(ข)

รูปที่ 4.2 (ก) แกนโครงสร้างภายในและ (ข) โครงสร้างภายนอก ของตู้ที่ใช้ถ่ายภาพ

ในส่วนของกล้องและคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลสำหรับจำลองการทำงานของระบบ

- Sony Vaio รุ่น VGN-CR25s/B : Intel® Core™2 Duo Processor T7250
- ฮาร์ดดิสก์ 160 GB
- RAM 4 GB
- จอภาพ 14.1นิ้ว WXGA Display Clear Bright LCD Lite
- กล้อง Logitech รุ่น HD Pro Webcam C910 ความละเอียด 10 ล้านพิกเซล

4.1.2 โครงสร้างทางด้านซอฟท์แวร์

ซอฟท์แวร์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

- ระบบปฏิบัติการ (Operating System) Microsoft Window 7
- โปรแกรมที่ใช้งาน (Application) คือ MATLAB รุ่น 10.1

4.2 การตรวจหาฟองอากาศ

ขั้นตอนนี้จะเป็นการทดลองเพื่อตรวจหาฟองอากาศบนพื้นผิวแผ่นยางรมควัน ซึ่งจะพิจารณาลักษณะเด่นของลายตารางบนพื้นผิวแผ่นยางรมควันของบริเวณพื้นผิวปกติและพื้นผิวที่มีฟองอากาศ เนื่องด้วยคุณสมบัติของความเหมือนกันอย่างสม่ำเสมอ (Self-Similarity) ของลายตารางดังกล่าว ในงานวิจัยนี้จึงระยุกต์ใช้ค่ามิติแฟร็กทัล (Fractal Dimension) ในการพิจารณาร่วมกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อหาบริเวณที่มีฟองอากาศ โดยทำการทดลองเปรียบเทียบเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมดังนี้

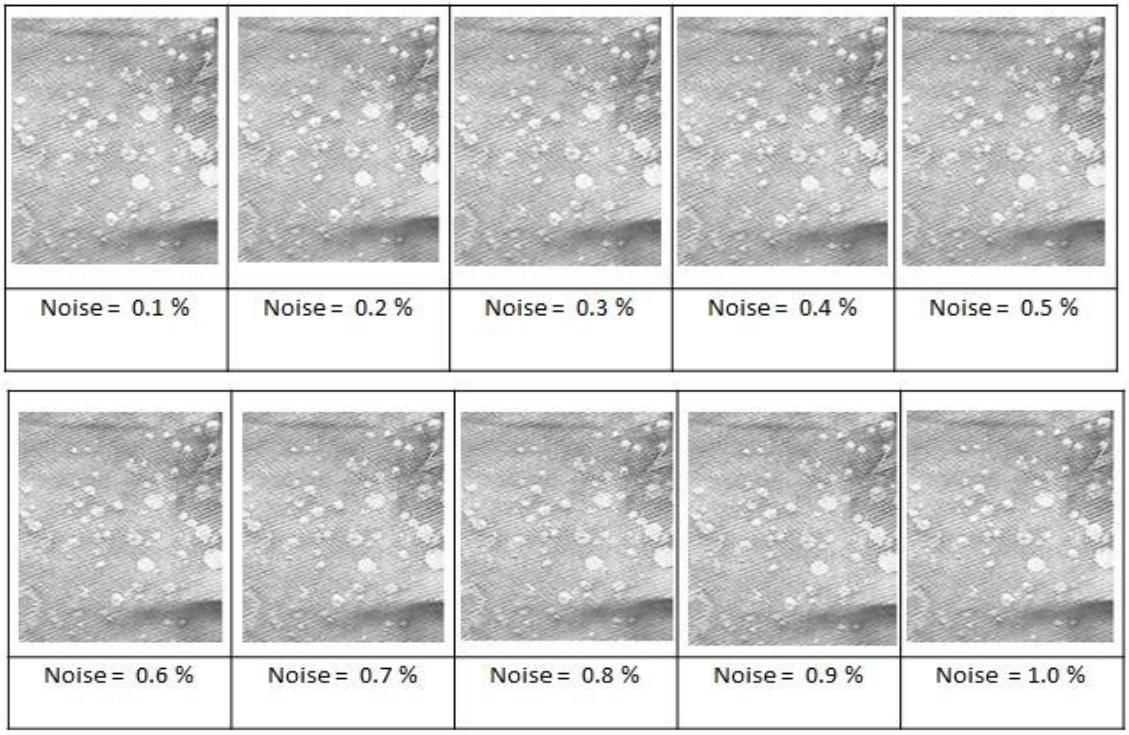
4.2.1 การเปรียบเทียบผลการคำนวณหาฟองอากาศที่สัญญาณรบกวนระดับต่างๆ

การทดลองนี้เพื่อหาชนิดของมิติแฟร็กทัลที่เหมาะสมและมีความความทนทานต่อสัญญาณรบกวนที่ระดับต่างๆ โดยการนำภาพแผ่นยางรมควันที่มีฟองอากาศและยางคุณภาพอย่างละ 250 ภาพมาเพิ่มสัญญาณรบกวนแบบ Speckle ครั้งละ 0.1% จากนั้นทำการประมวลผลโดยวิธีที่ต่างกัน 4 วิธีคือ ดิฟเฟอเรนเชี่ยลบ็อกซ์เคาน์ติ้ง, เฮาส์ดอร์ฟ, บ็อกซ์เคาน์ติ้งและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากนั้นทำการเปรียบเทียบความถูกต้องของแต่ละวิธีทุกครั้งที่มีการเพิ่มสัญญาณรบกวน

4.2.1.1 วิธีการทดลอง

1. ทำการถ่ายภาพแผ่นยางรมควันโดยใช้อุปกรณ์ในหัวข้อ 3.1
2.ทำการประมวลผลภาพโดยใช้วิธีการที่ได้กล่าวข้างต้น 4 วิธี
3.บันทึกผลการทดลอง
4.เพิ่มสัญญาณรบกวนครั้งละ 0.1% (ทำซ้ำจนกระทั่งเพิ่มสัญญาณรบกวนถึง 1.0%)

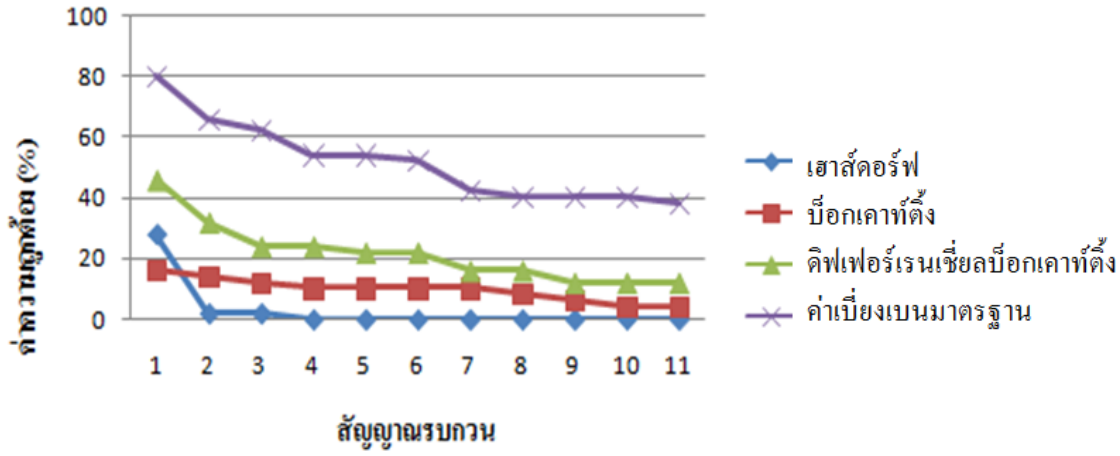
ตารางที่ 4.1 การเพิ่มสัญญาณรบกวนแบบ Speckleของแผ่นยางรมควันที่มีฟองอากาศ



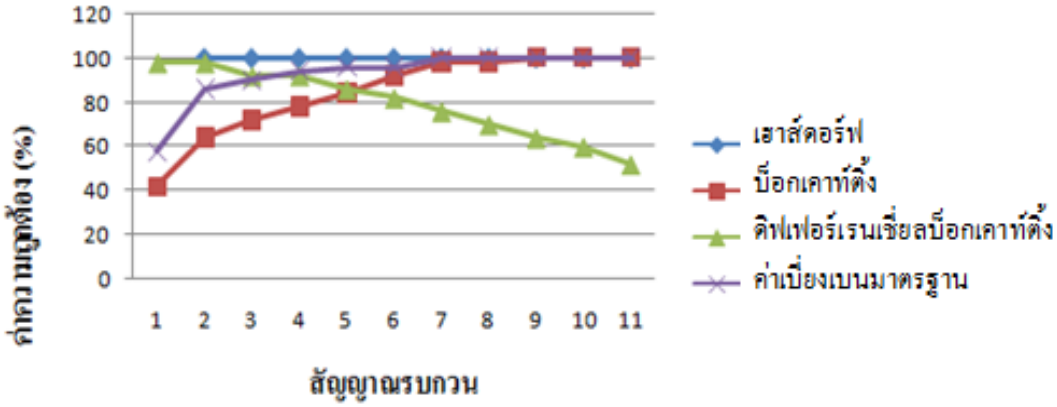
4.2.1.2 ผลการทดลอง

จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 แสดงผลของความถูกต้องในการตรวจหาบริเวณฟองอากาศในแผ่นยางรมควันที่มีฟองอากาศจริง และแผ่นยางรมควันคุณภาพ โดยเปรียบระหว่างมิติแฟรกทัลแต่ละชนิด ได้แก่ เฮาส์ดอร์ฟ บ็อกซ์เคาท์ติ้ง ดิฟเฟอเรสเชี่ยลบ็อกเคาท์ติ้ง เพื่อหาชนิดที่เหมาะสม พบว่าวิธีดิฟเฟอร์เรน

เชี่ยลบ็อกซ์เคาท์ติ้งมีความถูกต้องที่สูงสุดเมื่อสัญญาณรบกวนเพิ่มขึ้นและเมื่อใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าแฟร็กทัลแต่ละบริเวณเข้ามาพิจารณาร่วมกันจะช่วยให้ความถูกต้องเพิ่มสูงขึ้น



รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นความถูกต้องกับสัญญาณรบกวนจากตัวอย่างภาพแผ่นยางที่มีฟองอากาศ



รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องกับสัญญาณรบกวนจากตัวอย่างภาพแผ่นยางคุณภาพ

4.2.1.3 วิจารณ์การเปรียบเทียบผลการคำนวณหาฟองอากาศที่สัญญาณรบกวนระดับต่างๆ

จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าเมื่อประมวลผลภาพยางที่มีฟองอากาศและยางคุณภาพด้วยวิธีทั้ง 4 พบว่าเมื่อเพิ่มสัญญาณรบกวนทำให้การตัดสินคุณภาพของยางรมควันเป็นยางคุณภาพเนื่องจากสัญญาณรบกวนทำให้เกิดความไม่ชัดเจนของพื้นผิว เมื่อนำวิธีต่างๆมาประมวลผลทำให้ตัดสินใจว่าเกิดความซ้ำซ้อนของพื้นผิวภาพบนแผ่นยางรมควันที่มีฟองอากาศ จึงทำให้เกิดความผิดพลาดเมื่อเพิ่มสัญญาณรบกวน

4.2.2 การทดลองการคำนวณหาฟองอากาศด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของมิติแฟร็กทัล

เพื่อใช้ในการคำนวณหาบริเวณที่มีฟองอากาศโดยการเปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของมิติแฟร็กทัลของภาพที่มีฟองอากาศและไม่มีฟองอากาศ จากภาพตัวอย่างเป็นการแบ่งภาพที่มีฟองอากาศและไม่มีฟองอากาศออกเป็น 16 ส่วนเท่าๆกัน คำนวณหาค่ามิติแฟร็กทัลของแต่ละส่วนย่อย จากนั้นนำค่าแฟร็กทัลมาคำนวณหาการกระจายตัวของทั้งภาพ เมื่อได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของมิติแฟร็กทัลให้นำไปวาดกราฟและคำนวณหาค่าขีดเริ่ม ซึ่งในการทดลองได้หาค่าขีดเริ่มจากภาพตัวอย่างที่เป็นภาพยางคุณภาพและยางฟองอากาศรวมกัน 500 ภาพ ส่วนของภาพที่ทดสอบเป็นภาพยางคุณภาพ 250 ภาพ และยางฟองอากาศ 250 ภาพ

4.2.2.1 วิธีการทดลอง

1.ทำการถ่ายภาพแผ่นยางรมควันโดยใช้อุปกรณ์ในหัวข้อ 4.1

2.ทำตามขั้นตอนในหัวข้อ 3.2

3. บันทึกผลการทดลอง

4.2.2.2 ผลการทดลอง

จากการใช้ค่ามิติแฟร็กทัลแบบดิฟเฟอร์เรนเชี่ยลบ็อกซ์เคาท์ติ้งโดยการหาเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละบริเวณ และทำการใช้ค่าขีดเริ่มของกลุ่มตัวอย่างมาใช้ในการคัดแยกพื้นฐาน พบว่าแผ่นยางรมควันที่มีคุณภาพดีจะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ต่ำกว่า และแผ่นยางที่มีติดหนิจากฟองอากาศจะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงกว่า ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ชัดเจนกว่าการใช้ค่ามิติแฟร็กทัลโดยตรง ทำให้การคัดแยกมีความถูกต้องสูงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่4.2 การเปรียบเทียบค่าความถูกต้องในการจำแนกประเภทระหว่างแผ่นยางที่มีฟองอากาศและแผ่นยางที่มีคุณภาพ

อินพุท		การจำแนกประเภท		ผลการทดลอง	
ประเภทของอินพุท	จำนวน	ยางที่มีฟองอากาศ	ยางที่มีคุณภาพ	ถูกต้อง	ผิดพลาด
ยางที่มีฟองอากาศ	250	240	10	240	10
ยางที่มีคุณภาพ	250	0	250	250	0
ผลรวม	500	240	160	490	10

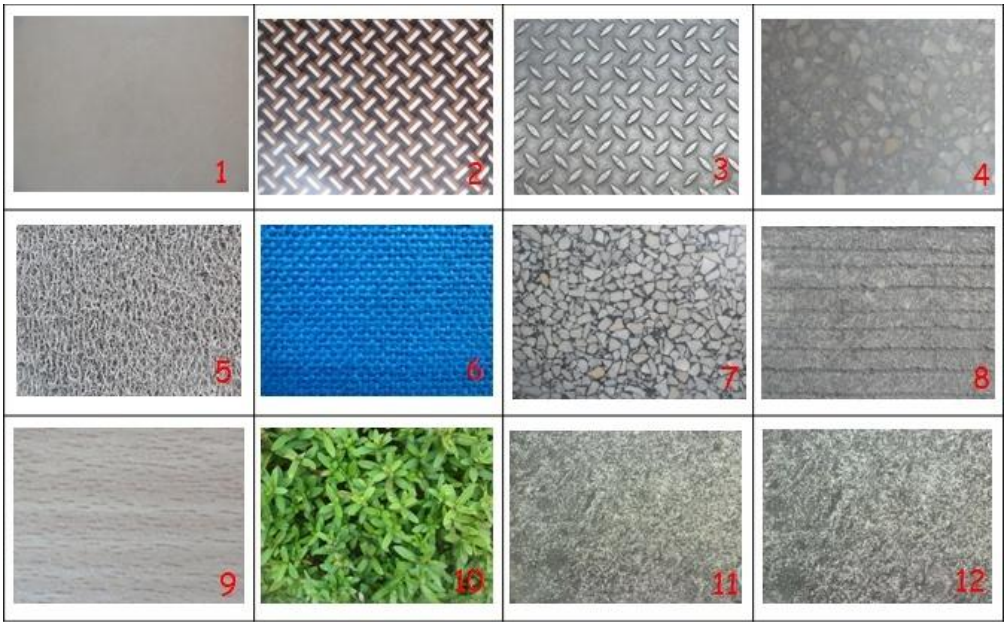
4.2.2.3 วิจารณ์ผลการคำนวณหาฟองอากาศด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของมิติแฟร็กทัล

การคำนวณหาฟองอากาศด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของมิติแฟร็กทัลเป็นการคำนวณโดยใช้ค่าขีดเริ่มที่มาจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าแฟร็กทัลในภาพตัวอย่าง 500 ภาพ จากนั้นมาวาดกราฟ แล้วมาคำนวณหาค่าขีดเริ่มจากค่าสูงสุดของภาพที่เป็นยาง คุณภาพ จากตารางที่ 4.2 พบว่าค่าที่คำนวณค่าขีดเริ่มที่ 0.00086

4.2.3 การเปรียบเทียบผลการคำนวณหาฟองอากาศที่พื้นผิวต่างๆ

เพื่อเปรียบเทียบผลต่างของเอาท์พุทระหว่างภาพแผ่นยาง คุณภาพและภาพแผ่นยางฟองอากาศด้วยวิธีต่างๆ ในส่วนการทดลองได้มีการนำภาพพื้นผิวต่างกัน 12 พื้นผิวจากนั้นทำการประมวลผลภาพโดยวิธีที่ต่างกัน 4 วิธีคือ ดิฟเฟอเรนเชี่ยลบ็อกซ์เคาน์ติ้ง , เฮาส์ดอร์ฟ, บ็อกซ์เคาน์ติ้งและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วนำภาพพื้นผิวที่ต่างกัน 12 พื้นผิวมาทำการลบรอยพื้นผิวให้จางลงเสมือนกับการที่มีฟองอากาศเกิดขึ้นทำให้รอยตารางของแผ่นยางถูกลบเลือนไป ซึ่งบริเวณที่ลบรอยคือบริเวณมุมของภาพทั้ง 4 จุด จากนั้นทำการประมวลด้วยวิธีการทั้ง 4 อีกครั้ง นำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับผลที่ยังไม่มีการลบรอยพื้นผิว เพื่อหาวิธีที่เหมาะสม

ตารางที่4.3 รูปตัวอย่างพื้นผิวต่างๆ ที่ถูกนำมาทดสอบการลบเลือนลายพื้นผิว



4.2.3.1 วิธีการทดลอง

1.ทำการถ่ายภาพพื้นผิวต่างๆ 12 รูป ดังตารางที่ 4.3

2.ประมวลผลภาพด้วยวิธีการทั้ง 4

3.บันทึกผลการทดลอง

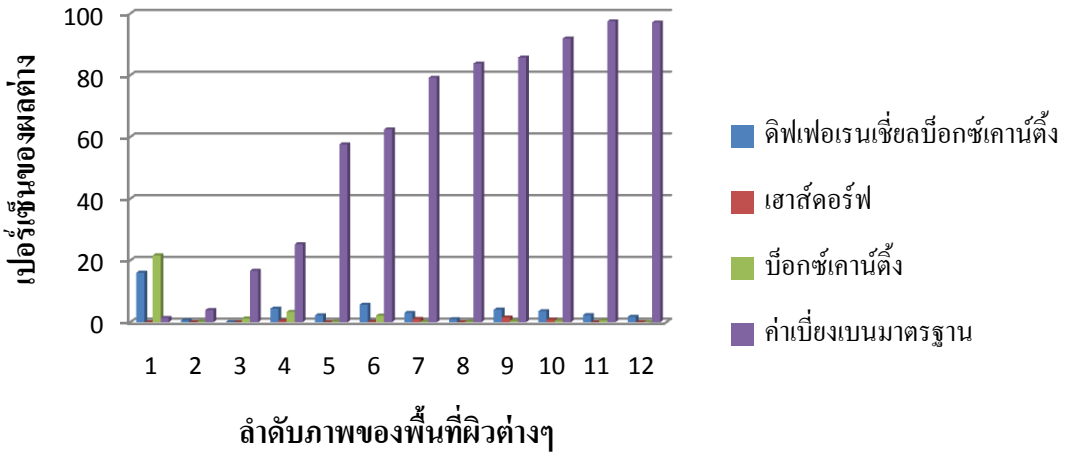
4.นำภาพพื้นผิวทั้ง 12 ภาพ มาทำการลบรอยพื้นผิว 4 จุด

5.ประมวลผลภาพด้วยวิธีการทั้ง 4

6. คำนวณหาผลต่างระหว่างภาพธรรมดากับภาพที่ลบรอยพื้นผิว

4.2.3.2 ผลการทดลอง

ในการเปรียบเทียบค่ามิติแฟร็กทัลในบริเวณพื้วผิวปกติและพื้นผิวที่ถูกลบรอยให้จางไป พบว่าค่าที่ได้จากมิติแฟร็กทัลแบบดิฟเฟอเรนเชี่ยลบ็อกซ์เคาท์ติ้งได้ผลดีที่สุด โดยที่ค่าผลต่างเมื่อเทียบเป็นร้อยละจะไม่ชัดเจนเท่าไรนัก แต่เมื่อนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาพิจารณาร่วมด้วยจะทำให้เกิดความแตกต่างอย่างชัดดังรูปที่ 4.3



รูปที่4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลต่างของพื้นผิวธรรมดากับพื้นผิวที่ลบรอยพื้นผิวด้วยวิธีต่างๆ

4.2.3.3 วิจารณ์ผลการเปรียบเทียบผลการคำนวณหาฟองอากาศที่พื้นผิวต่างๆ

จากรูป 4.3 พบว่าผลต่างของค่าเอาท์พุทของแต่ละวิธีในแต่ละภาพมีค่าที่แตกต่างกันออกไป เมื่อทำการเปรียบเทียบกันพบว่าภาพพื้นผิวที่ 1 เป็นพื้นผิวที่มีรอยน้อยที่สุด เมื่อทำการลบรอยยางออกทั้ง 4 จุด ผลต่างของเอาท์พุททั้ง 4 วิธี จึงน่าจะมีความแตกต่างกันไม่มาก แต่ในการทดลองกลับพบว่าวิธีของบ็อกเคาน์ติ้งกับดิฟเฟอเรนเชี่ยลบ็อกเคาน์ติ้งที่มีผลต่างสูงจึงไม่มีความเหมาะสมในการนำมาคำนวณหาค่าฟองอากาศของแผ่นยางรมควันโดยตรง

4.3 การตรวจหารอยจุดแต้ม (Dirt Detection)

ขั้นตอนนี้จะทำการตรวจหาตำหนิอีกชนิดหนึ่งซึ่งก็คือรอยจุดแต้ม ซึ่งเป็นตำหนิที่มักจะมีสีคล้ำกว่าบริเวณปกติและมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน ตำหนิชนิดนี้อาจเกิดบนพื้นผิวของแผ่นยางรมควันหรือเกิดการฝังตัวในเนื้อยาง เมื่อพิจารณาในแง่ของภาพแล้ว จะพบว่าการสกัดรอยตำหนิชนิดนี้จะมีอุปสรรคจากรอยตารางที่มีความชัดเจน ซึ่งมีการซ้อนทำกันของลายตารางและรอยจุดแต้มที่เกิดขึ้น จึงทำให้การสกัดคุณลักษณะเด่นเป็นไปได้ค่อนข้างยาก ซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการลบเลือนรอยตารางออกไปก่อนทำการพิจารณาหาพื้นที่ของรอยจุดแต้มโดยประยุกต์ใช้ตัวกรองกาบอร์ (Gabor Filter) ทำการลบเลือนรอยตารางก่อนทำการหาบริเวณรอยจุดแต้ม ซึ่งได้ทำการทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของการหาค่ารอยจุดแต้มดังนี้

4.3.1 การเปรียบเทียบความถูกต้องในการหารอยจุดแต้มด้วยตัวกรองแต่ละชนิด

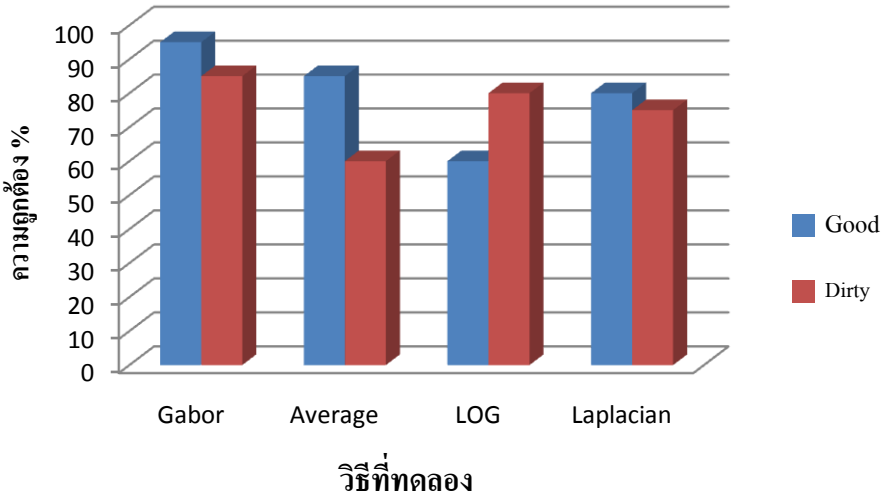
เพื่อการวิเคราะห์หาวิธีที่เหมาะสมในการคำนวณหารอยจุดแต้มบนแผ่นยางรมควัน ในการทดลองนี้ได้นำภาพแผ่นยางรมควันที่มีรอยจุดแต้มจำนวน 100 ภาพและภาพแผ่นยางคุณภาพระดับ 1 จำนวน 100 ภาพ นำมาประมวลผลภาพด้วยวิธีตัวกรองกาบอร์ (Gabor Filter), ตัวกรองค่าเฉลี่ย (Average Filter), ตัวกรองลาปลาเซียนของ เกาส์เซียน (Laplacian of Gaussian) Filter และตัวกรองลาปลาเซียน Laplacian Filter เพื่อทำการเปรียบเทียบกัน โดยเมื่อผ่านการประมวลผลในแต่ละวิธีจะได้จำนวนพิกเซลสีขาวซึ่งหมายถึงพื้นผิวปกติ และพิกเซลสีดำซึ่งหมายถึงรอยจุดแต้ม ซึ่งในแต่ละวิธีจะทำการนับจำนวนพิกเซลของรอยจุดแต้มและเทียบกับค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งถ้าค่าพิกเซลสีดำของแผ่นที่พิจารณามีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยที่อ้างอิง จะถูกตัดสินว่าเป็นแผ่นยางที่มีตำหนิจากรอยจุดแต้ม ในทางตรงข้ามหากจำนวนพิกเซลสีดำของแผ่นยางที่พิจารณามีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยที่ใช้อ้างอิง จะถูกตัดสินว่าเป็นแผ่นยางที่มีคุณภาพ

4.3.1.1 วิธีการทดลอง

1. เตรียมภาพแผ่นยางรมควันคุณภาพระดับ 1 และ แผ่นยางที่มีรอยจุดแต้ม ชนิดละ 100 แผ่น
2.ประมวลผลภาพด้วยวิธีการทั้ง 4
3.บันทึกผลการทดลอง
4.เปรียบเทียบผลการทดลองของวิธีการทั้ง 4 วิธี

4.3.1.2 ผลการทดลอง

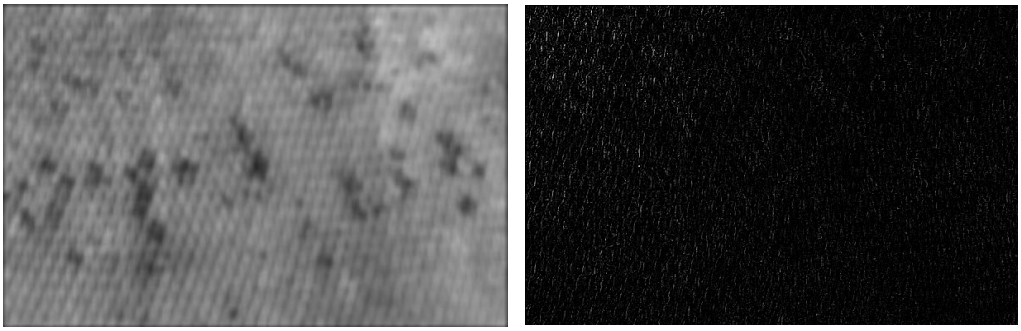
จากการทดลองการลบเลือนรอยตารางซึ่งเป็นภาพพื้นหลังออกไปด้วยตัวกรองชนิดต่างๆ พบว่าตัวกรองกาบอร์สามารถให้ค่าความถูกต้องโดยรวมที่สูงสุดเมื่อเทียบกับตัวกรองชนิดอื่นๆ ที่นำมาใช้ดังรูป 4.4



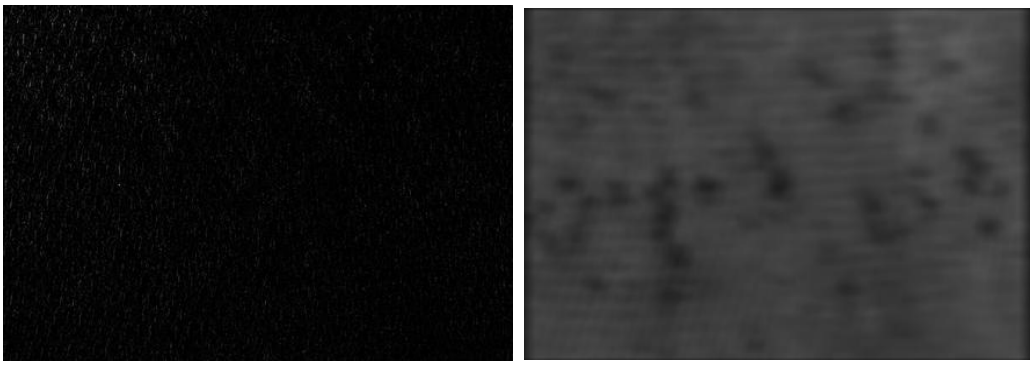
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความถูกต้องในการหารอยจุดแต้มด้วยวิธีต่างๆ

4.3.1.3 วิจารณ์ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องในการหารอยจุดแต้มด้วยตัวกรองแต่ละชนิด

จากรูปที่ 4.5 พบว่าตัวกรองประเภทต่างๆ ที่นำมาใช้ให้ค่าผลการทดลองที่แตกต่างออกไป ในส่วนของวิธีตัวกรองลาปลาเซียน (Laplacian Filter) เพื่อซึ่งเป็นตัวกรองความถี่สูง(High Pass) ภาพที่ได้จะมีลักษณะของภาพที่ชัดเจนขึ้น ซึ่งหมายถึงลายตารางบนผิวแผ่นยางมีความชัดเจนทำให้การตัด ค่าขีดเริ่มเพื่อหารอยจุดแต้มมีความผิดพลาด ในส่วนของตัวกรองลาปลาเซียนของ เกาส์เซียน (Laplacian of Gaussian) ซึ่งเป็นการนำภาพไป ผ่านตัวกรองความถี่ต่ำ (Low Pass) ก่อนเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน จากนั้นนำภาพไปผ่านตัวกรองความถี่สูง (High Pass) เพื่อให้ภาพมีความชัดเจนด้วย แต่รอยตารางของแผ่นยางรมควันยังคงมีความชัดเจนอยู่เช่นกัน เมื่อนำมาแปลงเป็นภาพขาวดำจึงทำให้เกิดความผิดพลาดต่อการตัดสินใจหารอยจุดแต้ม



(ก) ภาพที่ผ่านการกรองด้วย Average Filter (ข) ภาพที่ผ่านการกรองด้วย Log Filter



(ค) ภาพที่ผ่านการกรองด้วย Lapacian Filter (ง) ภาพที่ผ่านการกรองด้วย Gabor Filter

รูปที่ 4.8 ภาพแผ่นยางรมควันที่ผ่านตัวกรองแต่ละชนิด

4.3.2 การเปรียบเทียบผลการหารอยจุดแต้มด้วยค่าขีดเริ่มอัตโนมัติแต่ละชนิด

การทดลองนี้ทำการหาวิธีของการหาค่าขีดเริ่มที่เหมาะสมที่สุดในการหารอยจุดแต้มหรือรอยเปื้อนของแผ่นยางรมควัน โดยในการทดลองนี้ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการหาค่าขีดเริ่ม 3 วิธี คือ Ostu, Maximum Normal Line และ Optimal Local Peak โดยได้นำภาพแผ่นยางรมควันที่มีรอยจุดแต้มหรือรอยเปื้อนที่มีค่าระดับสีที่แตกต่างกันจำนวน 9 ภาพ โดยการแปลงเป็นภาพระดับเทาแล้วนำไปผ่านตัวกรองกาบอร์ เพื่อลบรอยตารางบนแผ่นยางดังหัวข้อ 3.4 จากนั้นจึงทำการแปลงภาพขาวดำด้วยค่าขีดเริ่มแต่ละชนิด ดังนี้

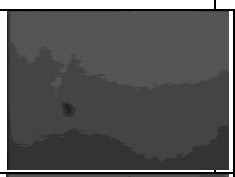
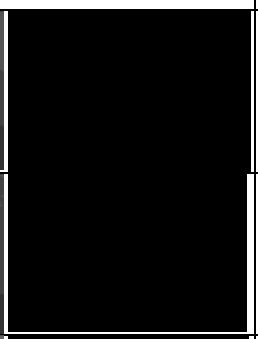
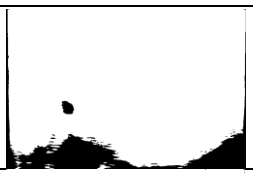
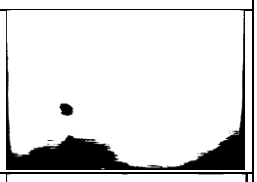
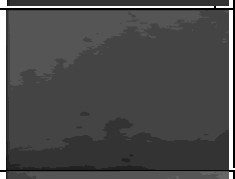
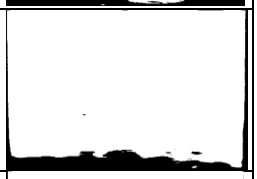
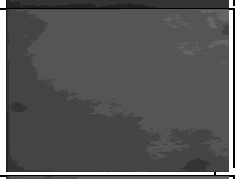
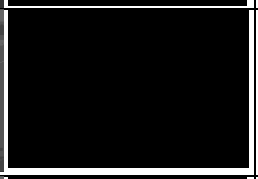
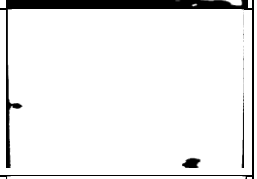
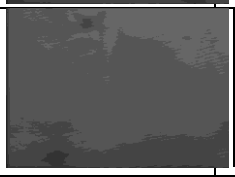
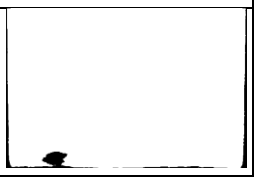
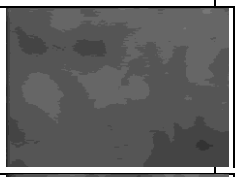
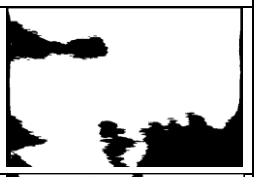
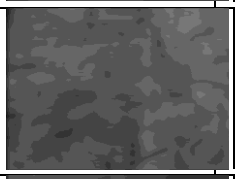
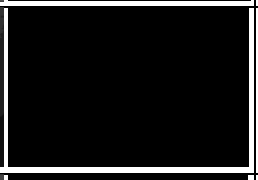
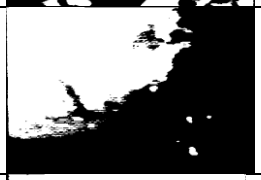
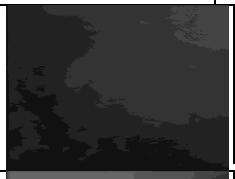
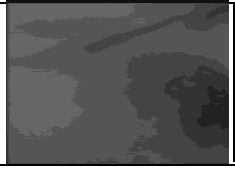
4.3.2.1 วิธีการทดลอง

1. เตรียมภาพระดับเทาตัวอย่างที่ผ่านตัวกรองกาบอร์จำนวน 9 ภาพ
2. นำภาพทั้งหมดมาผ่านวิธีการ Ostu , Maximum Normal Line และ Optimal Local Peak
3. บันทึกผลการทดลอง

4.3.2.2 ผลการทดลอง

ผลการหารอยจุดแต้มด้วยค่าขีดเริ่มอัตโนมัติแต่ละชนิด แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบผลการหารอยจุดแต้มด้วยค่าขีดเริ่มอัตโนมัติแต่ละชนิด

ลำดับ	ภาพที่ผ่านตัวกรองกาบอร์	ภาพขาวดำหลังการตัดค่าขีดเริ่ม		
		Ostu	Maximum Normal Line	Optimal Local Peak
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

4.3.2.3 วิจารณ์ผลการเปรียบเทียบการหารอยจุดแต้มด้วยค่าขีดเริ่มอัตโนมัติแต่ละชนิด

จากตารางที่ 4.6 พบว่าเมื่อภาพตัวอย่างผ่านตัวกรองกาบอร์ทำให้ภาพมีความเบลอมากขึ้น เมื่อหาฮิสโตแกรมแล้วทำให้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยอีกทั้งรอยเปื้อนของแต่ละภาพนั้นมีระดับฮิสโตแกรมที่แตกต่างกัน จึงไม่เหมาะในการใช้วิธี Maximum Normal Line ในส่วนของวิธี Optimal Local Peak จะเป็นการหาจุด Peak ย่อยที่อยู่ทางด้านซ้าย ดังหัวข้อ 3.4 และเลือกจุดที่เป็นจุด Peak ในช่วงค่าระดับสี 50-100 ซึ่งวิธีนี้ทำให้ได้ค่าขีดเริ่มที่มีความเหมาะสม เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงค่าขีดเริ่มอยู่ในช่วงของรอยต่อระหว่างรอยจุดแต้ม(พื้นหน้า) และพื้นผิวปกติ (พื้นหลัง)

4.3.3 การเปรียบเทียบผลการหารอยจุดแต้มเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของแสง

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบว่าวิธี Optimal Local Peak สามารถแยกรอยจุดแต้มและรอยเปื้อนออกจากภาพพื้นหลังได้อย่างถูกต้องแม้ว่าระดับความเข้มสี (Intensity) มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งในการทดลองนี้ได้มีเปลี่ยนแปลงความเข้มสีของรูปที่นำมาทดลองให้มีความชัดเจนมากขึ้น เสมือนว่าแสงที่ใช้มีความสว่างที่แตกต่างกัน และทำการหารอยจุดแต้มจากภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงของแสงและภาพต้นฉบับเพื่อเปรียบเทียบถึงผลกระทบของแสงที่เปลี่ยนแปลงไป

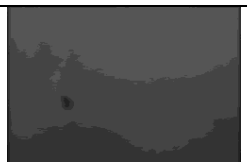
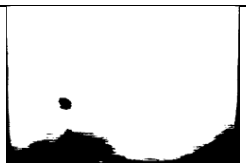
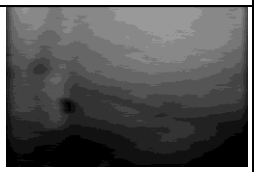
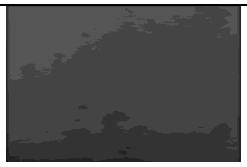
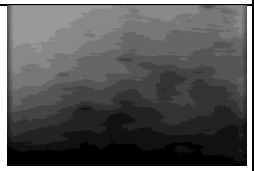
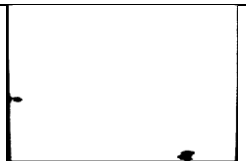
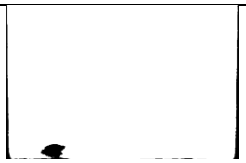
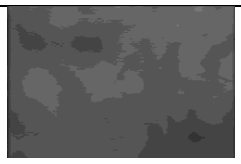
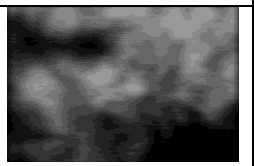
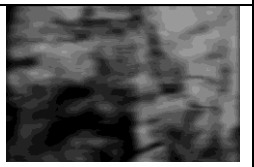
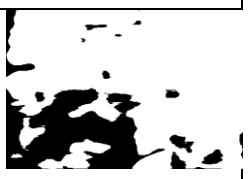
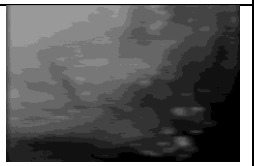
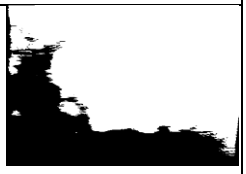
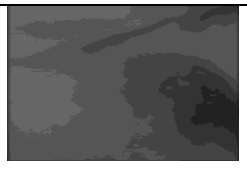
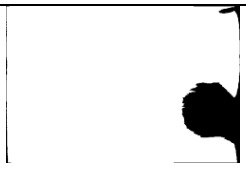
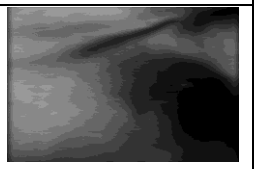
4.3.3.1 วิธีการทดลอง

1. เตรียมภาพตัวอย่างแผ่นยางรมควันที่มีรอยจุดแต้มจำนวน 9 ภาพ มาทำการปรับความเข้มสีด้วย Histogram Equalization
2. นำภาพตัวอย่างทั้ง 9 ภาพผ่านตัวกรองกาบอร์
3. ทำการแปลงภาพเป็นระดับขาวดำด้วยวิธี Optimal Local Peak
4. บันทึกผลการทดลองเปรียบเทียบกับผลการหารอยจุดแต้มของภาพต้นฉบับ

4.3.3.2 ผลการทดลอง

ผลการหารอยจุดแต้มจากภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงของแสงเปรียบเทียบกับผลการหารอยจุดแต้มจากภาพต้นฉบับ แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบผลการหารอยจุดแต้มเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของแสง

ลำดับ	ภาพต้นฉบับ		ภาพที่ทำการเปลี่ยนแปลงแสง	
	ภาพที่ผ่านตัวกรองกาบอร์	Optimal Local Peak	ภาพที่ผ่านตัวกรองกาบอร์	Optimal Local Peak
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

4.3.3.3 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อทำการปรับความเข้มแสงแล้วนำไปผ่านตัวกรองกาบอร์และวิธี Optimal Local Peak ผลลัพธ์ที่ได้มีความใกล้เคียงกับผลลัพธ์ที่ได้จากภาพต้นฉบับ แต่ในส่วนที่แตกต่างกันเนื่องจากเมื่อเพิ่มความเข้มแสงทำให้เงาชัดเจนมากขึ้นตามไปด้วย

จากการทดลองเพื่อเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการหาตรวจหารอยจุดแต้ม สรุปได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 พารามิเตอร์ที่เลือกใช้ในการตรวจหารอยจุดแต้ม

พารามิเตอร์	ชนิด / ค่า ที่เลือกใช้
ตัวกรอง	ตัวกรองกาบอร์
ทิศทาง	30 องศา
ค่าขีดเริ่มอัตโนมัติ	Optimal Local Peak

4.4 การตรวจหาราขาว (White Mould Detection)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการตรวจหาราขาว ซึ่งมีลักษณะเป็นฝุ่นผงสีขาวกระจายตัวอย่างชัดเจน ซึ่งในขั้นตอนนี้จะประยุกต์ใช้วิธีตรวจหาราขาวโดยใช้ค่าขีดเริ่มการเปลี่ยนคุณลักษณะของสี [5] เพื่อหาพื้นที่ของราขาว โดยได้ทดลองเปรียบเทียบที่ระดับสีต่างๆ ดังนี้

4.4.1 การเปรียบเทียบความถูกต้องในการหาราขาวด้วยวิธีต่างๆ

ในขั้นตอนการวิเคราะห์หาวิธีที่เหมาะสมในการคำนวณหาราขาวบนแผ่นยางรมควันการทดลองนี้ได้นำภาพแผ่นยางรมควันที่มีรอย ราขาวจำนวน 100 ภาพและภาพแผ่นยางคุณภาพระดับ 1 จำนวน 100 ภาพเพื่อนำมาประมวลผลภาพในการหาราขาวบนแผ่นยางรมควันโดยเปรียบเทียบค่าขีดเริ่มที่ได้จากแต่ละระนาบสีที่เหมาะสม ได้แก่ ภาพระดับเทา ระนาบสีแดง ระนาบสีเขียว ระนาบสีน้ำเงิน และภาพที่ได้จากการอินเตอร์เซคชันของระนาบสี RGB โดยค่าขีดเริ่มของแต่ละระนาบนั้นได้มาจากจุดที่สูงที่สุด (Peak) ของฮิสโตแกรม ที่ตัดแกน X ซึ่งก็คือระดับสีที่มีจำนวนพิกเซลมากที่สุดในแต่ละภาพ จากนั้นนำค่าขีดเริ่มของแต่ละระนาบสีมาใช้ในการแปลงเป็นภาพขาวดำ ซึ่งวิธีอินเตอร์เซคชันของ RGB เกิดจากการนำภาพขาวดำที่ได้ของแต่ละระนาบสีมาอินเตอร์เซคกัน ซึ่งพิกเซลสีดำแทนพื้นผิวปกติของยางแผ่นรมควัน และพิกเซลสีขาวแทนส่วนที่เป็นราขาว ซึ่งในแต่ละวิธีจะทำการนับจำนวนพิกเซลของรอยราขาวและเทียบกับค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งถ้าค่าพิกเซลสีขาวของแผ่นที่พิจารณามีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยที่อ้างอิง จะถูกตัดสินว่าเป็นแผ่นยางที่มีตำหนิจาก ราขาว ในทางตรงข้ามหาก

จำนวนพิกเซลสีขาวของแผ่นยางที่พิจารณามีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยที่ใช้อ้างอิง จะถูกตัดสินว่าเป็นแผ่นยางที่มีคุณภาพ

4.4.1.1 วิธีการทดลอง

1. เตรียมภาพแผ่นยางรมควันคุณภาพระดับ 1 และ แผ่นยางที่มีรอยราขาว ชนิดละ 100 แผ่น

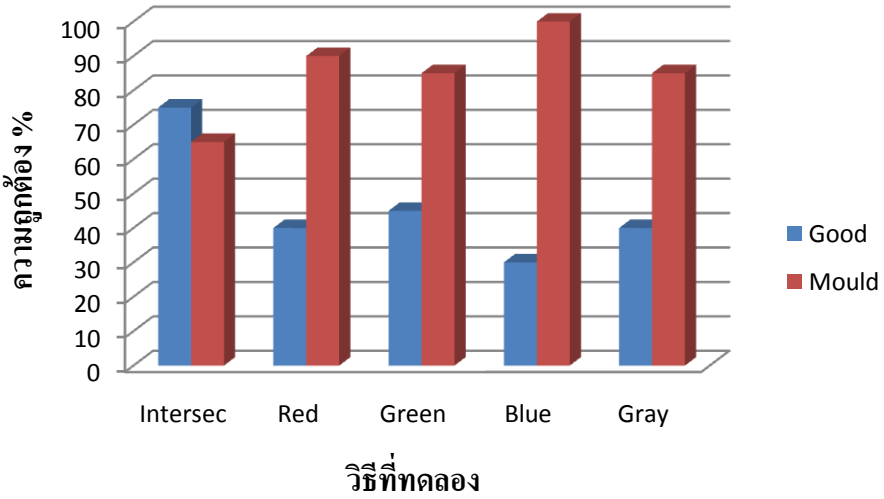
2.ประมวลผลภาพด้วยวิธีการทั้ง 4

3.บันทึกผลการทดลอง

4.เปรียบเทียบผลการทดลองของวิธีการทั้ง 4 วิธี

4.4.1.2 ผลการทดลอง

ผลการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของการตรวจหาราขาวของแต่ละระนาบสี โดยคิดเป็นร้อยละ แสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความถูกต้องในการหาราขาวด้วยวิธีต่างๆ

4.4.1.3 วิจารณ์ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องในการหาราขาวด้วยวิธีต่างๆ

จากรูปที่ 4.6 พบว่า วิธีที่เป็นระนาบของ RGB และภาพระดับเทาส่วนใหญ่จะตัดสินใจว่าเป็นแผ่นยางที่มีตำหนิจากราขาวเนื่องจาก ค่าที่นำมาใช้ในการตัดค่าขีดเริ่ม มีค่าความเข้มระดับสี (Intensity) ที่ต่ำเกินไป ทำให้เมื่อทำการแปลงเป็นภาพขาวดำจึงส่งผลให้มีปริมาณพิกเซลสีขาวที่มากเกินจริง จึงทำให้การตัดสินใจที่ผิดพลาด ซึ่งจะตัดสินใจแผ่นยางคุณภาพว่าเป็นแผ่นยางที่มีตำหนิจากราขาวด้วย ซึ่งต่างจากมีการนำภาพที่ได้ของแต่ละระนาบสีมาทำการอินเตอร์เซคกัน ซึ่งจะพิจารณาตัดสินว่าจุดพิกเซลที่เป็นสีขาวทุกระนาบเท่านั้นที่เป็นจุดรา จึงทำให้ปริมาณจุดราที่นับได้มีความถูกต้องมากขึ้น เนื่องจากจุดดังกล่าวที่ถูกตัดสินจะต้องเป็นจุดที่ถูกตัดสินว่าเป็นจุดราตรงกันทั้ง 3 ระนาบสี ดังนั้น

การพิจาณาจากการอินเตอร์เซคชันของทุกระนาบสีของ RGB จึงมีความถูกต้องและเหมาะสมมากที่สุดต่อการวิเคราะห์หาจำนวนจุดราขาวในการทดลองนี้

4.5 การคัดแยกคุณภาพยางแผ่นรมควัน

4.5.1 การคัดแยกคุณภาพยางแผ่นรมควันด้วยค่าระดับความเข้มสี

การทอลองนี้การใช้วิธีการของงานวิจัยที่ผ่านมา ซึ่งทำการคัดแยกคุณภาพยางแผ่นรมควันโดยการวัดระดับความเข้มสี ในการทดลองนี้จึงทำการนำกลุ่มตัวอย่างมาหาระดับความเข้มสีและทำการคัดแยกคุณภาพแผ่นยางรมควันออกเป็นกลุ่มต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีการคำนวณหาตำหนิทั้ง 3 ชนิดและตัดสินร่วมกันโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่นำเสนอ

4.5.1.1 วิธีการทดลอง

1. เตรียมภาพแผ่นยางรมควันคุณภาพระดับ 1-5 ชนิดละ 100 แผ่น (รวมทั้งสิ้น 500 แผ่น) เพื่อใช้เป็นกลุ่มข้อมูลตัวอย่างที่ใช้เรียนรู้ (Training Data)
2. ทำการหาระดับความเข้มสีต่ำสุด (Minimum Intensity)และระดับความเข้มสีสูงสุด (Maximum Intensity) ของแผ่นยางรมควันแต่ละคุณภาพ ของระนาบสีแดง เขียว และน้ำเงิน
3. หาค่าเฉลี่ยของระดับความความเข้มสีต่ำสุด (Minimum Intensity)และระดับความเข้มสีสูงสุด (Maximum Intensity) ของแผ่นยางรมควันแต่ละคุณภาพ เพื่อกำหนดเป็นค่าขีดเริ่มที่ใช้ในการตัดสินในแต่ละระนาบสี
4. เตรียมภาพแผ่นยางรมควันคุณภาพระดับ 1-5 ชนิดละ 100 แผ่น (รวมทั้งสิ้น 500 แผ่น) เพื่อใช้เป็นกลุ่มข้อมูลทดสอบ (Testing Data)
5. ทำการคำนวณผลต่าง (Different) ของค่าระดับความเข้มสีของระดับความเข้มสีต่ำสุด (Minimum Intensity)และระดับความเข้มสีสูงสุด (Maximum Intensity) ระหว่างภาพแผ่นยางรมควันที่ทดสอบและค่าขีดเริ่มที่ได้กำหนดไว้ในแต่ละระดับคุณภาพ
6. คัดแยกคุณภาพแผ่นยางรมควันออกเป็น 5 ระดับ โดยตัดสินจากผลรวมของผลต่างในแต่ละระนาบสี โดยที่หากภาพแผ่นยางรมควันที่ใช้ทดสอบมีผลรวมผลต่างของระดับความความเข้มสีต่ำสุด (Minimum Intensity)และระดับความเข้มสีสูงสุด (Maximum Intensity) ในแต่ละระนาบสี น้อยที่สุด จะถูกตัดสินให้อยู่ในระดับคุณภาพนั้น

4.5.1.2 ผลการทดลองและวิจารณ์การคัดแยกคุณภาพยางแผ่นรมควันโดยการใช้ค่าระดับความเข้มสี

จากตารางที่ 4.6 - 4.15 สามารถสรุปผลการตัดสินการคัดแยกคุณภาพยางแผ่นรมควันโดยการใช้ระดับความเข้มสีดังตารางที่ 4.16 พบว่าในการคัดแยกคุณภาพของระดับ 1 มีความถูกต้องที่สูงที่สุดซึ่ง

คิดเป็นร้อยละ 78 เนื่องจากส่วนใหญ่แล้วแผ่นยางรมควันระดับ 1 จะมีค่าความสว่างสูงสุด ในวิธีการนี้จะใช้ลักษณะของสีเพียงอย่างเดียวมาใช้ในการตัดสิน จึงสอดคล้องกันในกรณีนี้ แต่เมื่อพิจารณาความถูกต้องในระดับอื่น ๆ จะมีค่าความถูกต้องที่ลดลงไป อันเนื่องมาจากปัจจัยอื่นๆ เช่น รอยฟองอากาศที่เกิดขึ้นบนพื้นผิดแผ่นยางรมควันทำให้ค่าระดับสีสูงขึ้น แต่คุณภาพลดลง ซึ่งทำให้เกิดความผิดพลาดอย่างร้ายแรงในการตัดสินด้วยสีเพียงปัจจัยเดียว

ตารางที่4.7 สรุปความถูกต้องของผลการคัดแยกคุณภาพยางแผ่นรมควันด้วยค่าระดับความเข้มสี

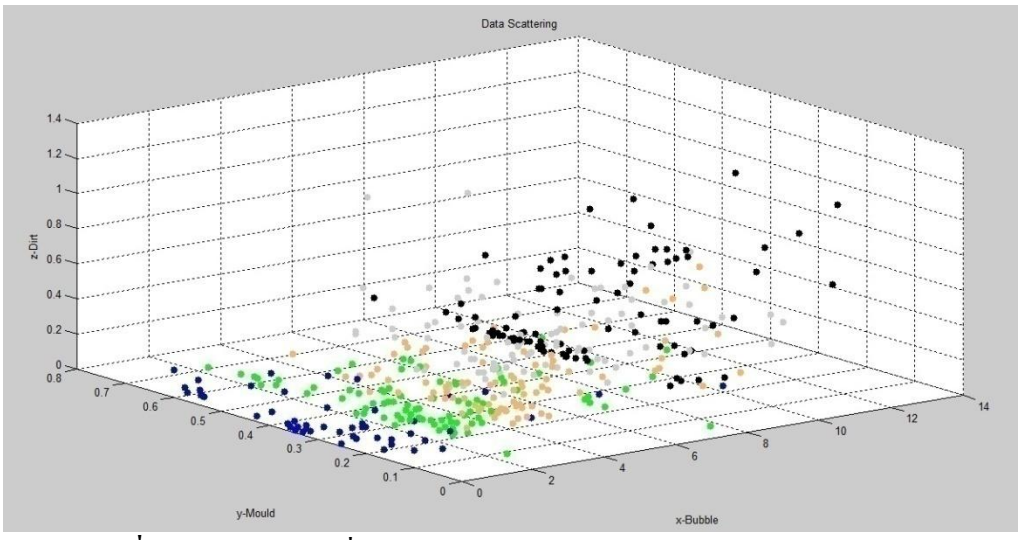
ระดับคุณภาพ	**จำนวนภาพ**	**ผลการตัดสิน**					**ผลการตัดสิน (จำนวน)**		
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**ถูกต้อง**	**ผิดพลาด**	
								ด้านลบ	ด้านบวก
ระดับคุณภาพ 1	100	78	18	2	2	0	78	0	22
ระดับคุณภาพ 2	100	33	31	28	7	1	31	33	36
ระดับคุณภาพ 3	100	0	20	50	26	4	50	20	30
ระดับคุณภาพ 4	100	0	10	26	56	8	56	36	8
ระดับคุณภาพ 5	100	13	8	4	26	49	49	51	0
รวม	**500**						**264**	**140**	**96**
								236	
ความถูกต้อง							**52.80%**	**28.00%**	**19.20%**
								47.20%	

4.5.2 การคัดแยกคุณภาพยางแผ่นรมควันด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

การทดลองนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะตัดสินคุณภาพของยางแผ่นรมควันให้เป็น 5 ระดับคุณภาพ ตามมาตรฐาน โดยจะนำค่าที่คำนวณได้จากพารามิเตอร์ของตำหนิ 3 ชนิด ได้แก่ ฟองอากาศ รอยจุดแต้มและราขาว มาพิจารณาร่วมกัน ทำหาค่าน้ำหนักที่เหมาะสมเพื่อพิจารณาตัดสินระดับชั้นคุณภาพของยางแผ่นรมควัน

4.5.2.1 วิธีการทดลอง

1. เตรียมภาพแผ่นยางรมควันคุณภาพระดับ 1-5 ชนิดละ 100 แผ่น (รวมทั้งสิ้น 500 แผ่น) เพื่อใช้เป็นกลุ่มข้อมูลตัวอย่างที่ใช้เรียนรู้ (Training Data)
2. ทำการหาค่าตำหนิทั้ง 3 ชนิด ตามวิธีการในหัวข้อ 3.3 - 3.5 เพื่อทำการเก็บค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากตำหนิของฟองอากาศ รอยจุดแต้ม และราขาวตามลำดับ
3. ป้อนข้อมูลเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียมและทำการคำนวณหาค่าน้ำหนัก
4. เตรียมภาพแผ่นยางรมควันคุณภาพระดับ 1-5 ชนิดละ 100 แผ่น (รวมทั้งสิ้น 500 แผ่น) เพื่อใช้เป็นกลุ่มข้อมูลทดสอบ (Testing Data)
5. ทำการคัดแยกคุณภาพโดยการคำนวณร่วมกับค่าน้ำหนัก
6. คัดแยกคุณภาพแผ่นยางรมควันออกเป็น 5 ระดับ ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.10 กลุ่มข้อมูลที่ถูกตัดสินระดับคุณภาพด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

4.5.2.2 ผลการทดลองและวิจารณ์การตัดสินคุณภาพด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

จากข้อมูลทั้งสิ้น 500 ภาพได้ถูกแบ่งแยกระดับคุณภาพ สามารถสรุปค่าความถูกต้องดังตารางที่ 4.17

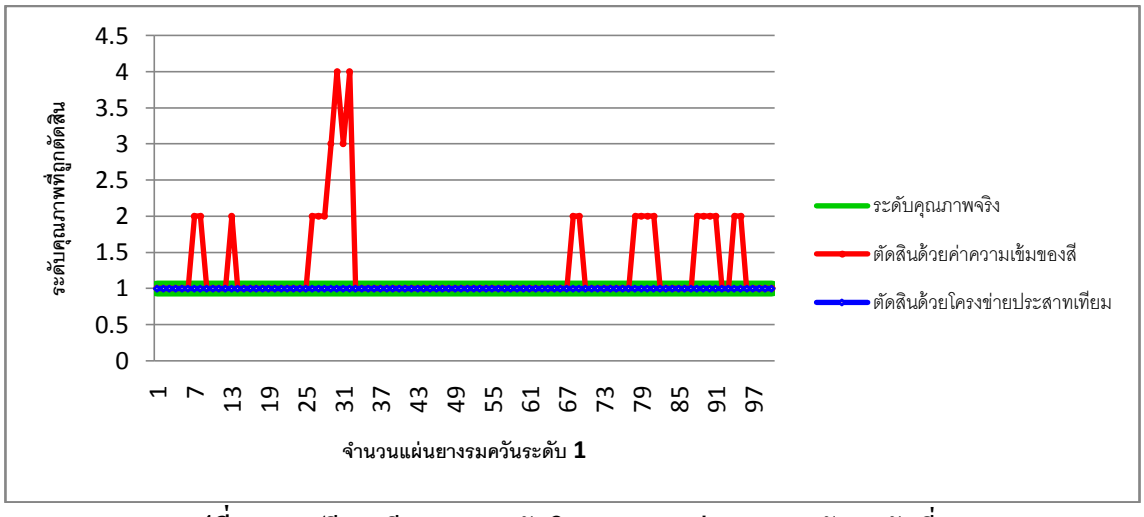
ตารางที่4.8 สรุปความถูกต้องของผลการคัดแยกคุณภาพยางแผ่นรมควันด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

ระดับคุณภาพ	จำนวนภาพ	ผลการตัดสิน					ผลการตัดสิน (จำนวน)		
		1	2	3	4	5	ถูกต้อง	ผิดพลาด	
								ด้านลบ	ด้านบวก
ระดับคุณภาพ 1	100	100	0	0	0	0	100	0	0
ระดับคุณภาพ 2	100	4	90	5	1	0	90	4	6
ระดับคุณภาพ 3	100	0	4	90	6	0	90	4	6
ระดับคุณภาพ 4	100	0	0	4	92	4	92	4	4
ระดับคุณภาพ 5	100	0	0	1	3	96	96	4	0
รวม	**500**						**468**	**16**	**16**
								32	
ความถูกต้อง							**93.60%**	**3.20%**	**3.20%**
								6.40%	

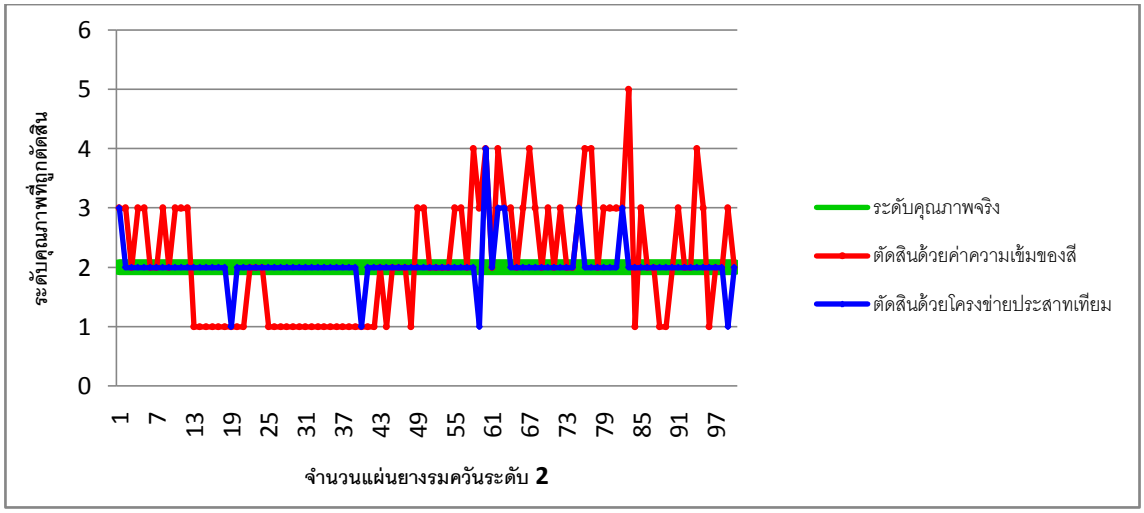
จากการทดลองพบว่า การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการตัดสินคุณภาพยางแผ่นรมควันโดยใช้พารามิเตอร์ของตำหนิทั้ง 3 ชนิดสามารถที่จะคัดแยกคุณภาพได้อย่างมิประสิทธิภาพ มีความถูกต้องที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากทำการแยกพิจารณาตำหนิทั้ง 3 ชนิดอันส่งผลต่อคุณภาพก่อน แล้วจึงนำค่าตำหนิที่ได้มาตัดสินร่วมกันโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม จากสรุปผลการทดลองดังตารางที่ 4.16 พบว่า มีการตัดสินความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 93.60 โดยมีความผิดพลาดร้อยละ 6.40 จัดเป็นข้อผิดพลาดทางด้านบวกซึ่งหมายถึงกรณีที่ตัดสินให้เป็นระดับที่ต่ำกว่าระดับจริงร้อยละ 3.20 และกรณีผิดพลาดทางด้านลบหมายถึงถูกตัดสินให้เป็นระดับที่สูงกว่าระดับจริงร้อยละ 3.20 ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ในการตัดสินควรมีค่าความผิดพลาดให้น้อยที่สุด และควรเป็นไปในทางข้อผิดพลาดในด้านบวกมากกว่า เนื่องจากทำให้ระบบมีความน่าเชื่อถือมากกว่า อย่างไรก็ตาม การทดลองนี้ได้สามารถคัดแยกคุณภาพยางแผ่นรมควันได้โดยมีความถูกต้องสูงระดับหนึ่ง เนื่องจากวิธีนี้มีการคำนวณอย่างละเอียดในแต่ละขั้นตอนของตำหนิแต่ละชนิดเพื่อใช้ในการตัดสิน จึงใช้เวลาในการคำนวณมากกว่าเมื่อเทียบกับการพิจารณาตำหนิเพียงชนิดเดียว ในขณะเดียวกันก็มีความถูกต้องที่สูงและครอบคลุมต่อการประยุกต์ใช้งานจริงในอุตสาหกรรม

4.5.2.3 เปรียบเทียบผลการตัดสินด้วยระดับความเข้มสีและการใช้โครงข่ายประสาทเทียม

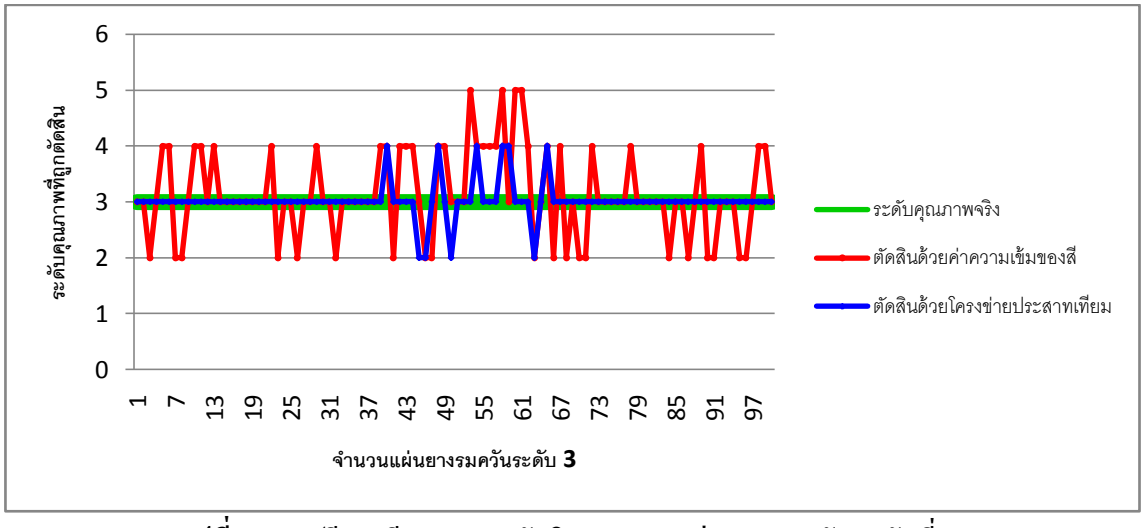
จากผลการตัดสินด้วยวิธีจัดระดับความเข้มสีดังตารางที่ 4.6 - 4.26 นำมาวาดกราฟเปรียบเทียบผลการทดลองได้ดังรูปที่ 4.8-4.13



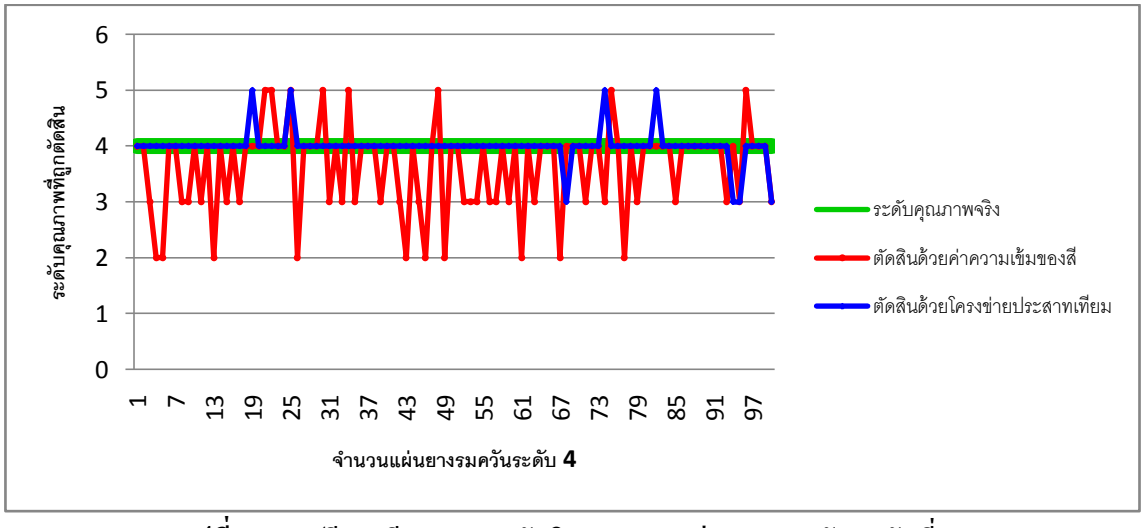
รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบผลการตัดสินคุณภาพแผ่นยางรมควันระดับที่ 1 ด้วยวิธีจัดระดับความเข้มสีและวิธีโครงข่ายประสาทเทียม



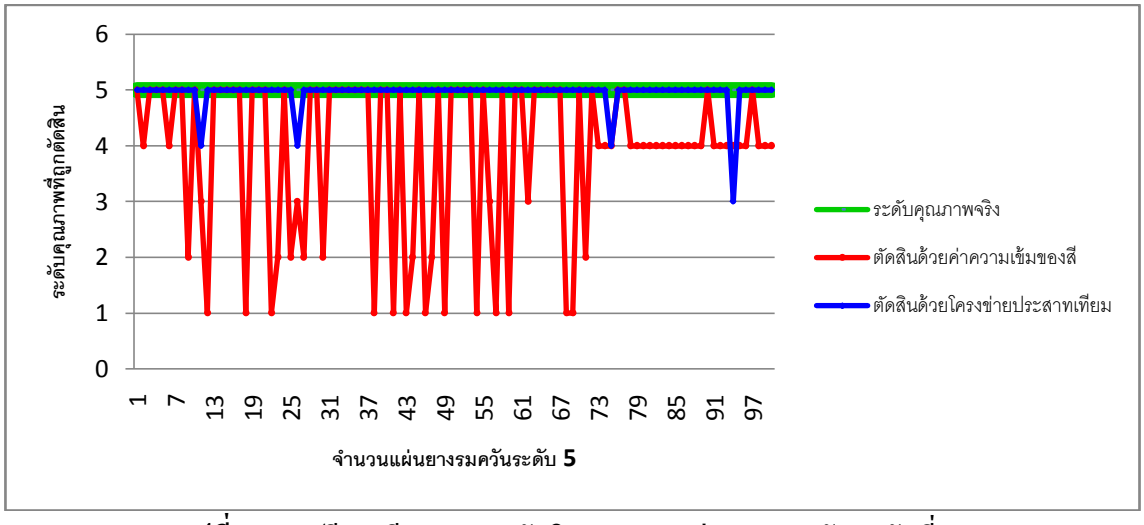
รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบผลการตัดสินคุณภาพแผ่นยางรมควันระดับที่ 2 ด้วยวิธีจัดระดับความเข้มสีและวิธีโครงข่ายประสาทเทียม



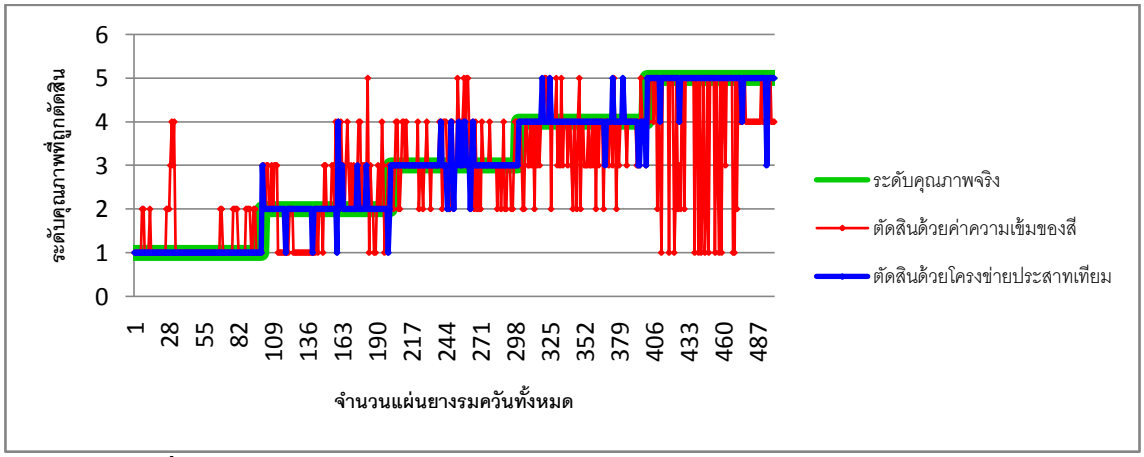
รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบผลการตัดสินคุณภาพแผ่นยางรมควันระดับที่ 3 ด้วยวิธีจัดระดับความเข้มสีและวิธีโครงข่ายประสาทเทียม



รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบผลการตัดสินคุณภาพแผ่นยางรมควันระดับที่ 4 ด้วยวิธีจัดระดับความเข้มสีและวิธีโครงข่ายประสาทเทียม



รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบผลการตัดสินคุณภาพแผ่นยางรมควันระดับที่ 5 ด้วยวิธีจัดระดับความเข้มสีและวิธีโครงข่ายประสาทเทียม



รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบผลการตัดสินคุณภาพแผ่นยางรมควันระดับคุณภาพต่างๆ ด้วยวิธีจัดระดับความเข้มสีและวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

4.6 วิจารณ์ผลการทดลองการหาฟองอากาศ

4.6.1 การเลือกใช้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการหาฟองอากาศ

ในการตรวจหาฟองอากาศได้ทำการทดลองดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มสัญญาณรบกวนแบบ Speckle ครั้งละ 0.1% แล้วนำวิธี ดิฟเฟอเรนเชี่ยลบ็อกซ์เคาน์ติ้ง , เฮาส์ดอร์ฟ , บ็อกซ์เคาน์ติ้งและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มาทำการตรวจหาฟองอากาศพบว่าทุกวิธีมีค่าความถูกต้องแปรผกผันกับสัญญาณรบกวนที่เพิ่มขึ้น ในกราฟแผ่นยางฟองอากาศพบว่าวิธีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าความถูกต้องมากที่สุด และในส่วนของกราฟแผ่นยางคุณภาพมีวิธีเฮาส์ดอร์ฟมีค่าความถูกต้องมากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาทั้ง 2 กราฟพบว่าวิธี เฮาส์ดอร์ฟ เมื่อเพิ่มสัญญาณรบกวนทำให้มีการตัดสินใจให้แผ่นยางฟองอากาศเป็นแผ่นยางดีจึงเกิดความผิดพลาดขึ้นในส่วนของกราฟแผ่นฟองอากาศ ส่วนวิธีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นการพัฒนาวิธีดิฟเฟอเรนเชียลบ็อกซ์เคาน์ติ้ง ให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น โดยมีการเปรียบเทียบค่าแฟร็กทัลทั้ง 16 ส่วน แล้วหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำให้ผลการทดลองมีความถูกต้องมากขึ้นเนื่องจากค่าสัญญาณรบกวนที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากันทั้งภาพ สัญญาณรบกวนจึงไม่ได้ส่งผลกระทบต่อวิธีการกระจายของแฟร็กทัล วิธีที่ใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจึงเป็นวิธีที่มีความถูกต้องมากที่สุดเมื่อมีสัญญาณรบกวนทั้งภาพของทั้งภาพยางฟองอากาศและยางที่มีคุณภาพ จากนั้นคำนวณหาฟองอากาศด้วยวิธีการกระจายตัวของมิติแฟร็กทัล ซึ่งภาพแผ่นยางที่มีฟองอากาศจะมีการกระจายตัวของมิติแฟร็กทัลสูงกว่าภาพแผ่นยางที่ไม่มีฟองอากาศ จากนั้นนำค่าการกระจายตัวของค่าแฟร็กทัลในมาหา ค่าขีดเริ่มที่มาจาก ภาพตัวอย่าง 500 ภาพ โดยนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาวาดกราฟ แล้วคำนวณหาค่าขีดเริ่มจากค่าสูงสุดของภาพที่เป็นยางคุณภาพ ซึ่งค่าที่ได้คือ 0.00086

4.6.2 ผลการทดลองในการหาฟองอากาศบนแผ่นยางประเภทต่างๆ

แผ่นยางที่มีฟองอากาศ

ผลการทดลองจากการนำภาพทดสอบ 500 ภาพ มาทำการคัดแยกฟองอากาศ ซึ่งให้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2 มีความถูกต้อง 98% เทียบกับสายตาผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจากได้เลือกใช้วิธี ดิฟเฟอเรนเชี่ยลบ็อกซ์เคาน์ติ้ง และเพิ่มวิธีเบี่ยงเบนมาตรฐานทำให้ได้ค่า การกระจายตัวของมิติแฟร็กทัล แล้วนำมาคำนวณหาค่าขีดเริ่ม ค่าที่ใช้ในการทดลองนั้นได้มาจากการคำนวณการกระจายตัวของภาพตัวอย่าง 500 ภาพ จึงครอบคลุมในส่วนของกรณีการเกิดฟองอากาศหลายรูปแบบ

แผ่นยางที่มีฟองอากาศกระจายทั่วแผ่น

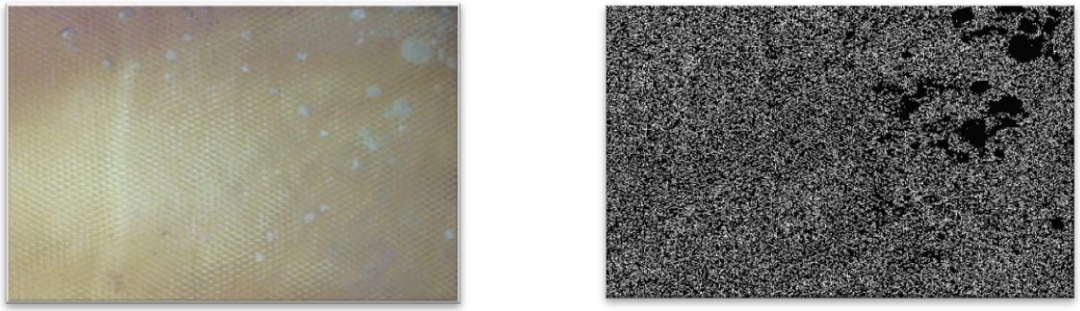
อย่างไรก็ตามค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของมิติแฟร็กทัลที่นำมาใช้นั้นไม่เหมาะสมในกรณีที่ทีฟองอากาศกระจายอยู่ทั่วบริเวณ เนื่องจากการเกิดฟองอากาศขึ้นทั่วทั้งแผ่นยางรมควันดังรูปที่ 4.14 ภาพต้นฉบับของแผ่นยางพาราที่ฟองอากาศกระจายทั่วแผ่น เมื่อผ่านกระบวนการหาขอบภาพ (Edge detection) และคำนวณค่ามิติแฟร็กทัล เนื่องจากค่ามิติแฟร็กทัลที่คำนวณได้จากบริเวณย่อยจะใกล้เคียงกัน ส่งผลให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าต่ำใกล้เคียงกับแผ่นยางคุณภาพดี จึงอาจเกิดการตัดสินผิดพลาดได้

จากการทดลองที่ได้กล่าวในข้างต้นวิธีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานนอกจากจะมีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนแล้ว ยังให้ค่าผลต่างของพื้นผิวที่มีรอยสม่ำเสมอมากที่สุด วิธีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมในการคำนวณหาฟองอากาศ แต่ขอบเขตของวิธีนี้คือกรณีที่เกิดฟองอากาศขึ้นทั่วทั้งแผ่นยางรมควัน จะทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแฟร็กทัลเท่ากันทุกส่วน จึงทำให้ระบบตัดสินใจว่าเป็นแผ่นยางคุณภาพ ซึ่งกรณีที่เกิดฟองอากาศทั่วแผ่นนั้นเป็นไปได้น้อยมาก

รูปที่ 4.17 แสดงแผ่นยางรมควันที่มีฟองอากาศกระจายทั่วแผ่น

แผ่นยางที่มีฟองอากาศและรอยจุดแต้ม

เมื่อนำวิธีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไปใช้กับแผ่นยางที่มีทั้งฟองอากาศและรอยจุดแต้ม พบว่าความถูกต้องในการตรวจหาฟองอากาศบนแผ่นยางพาราที่มีทั้งฟองอากาศและรอยจุดแต้มไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความถูกต้องในการตรวจฟองอากาศบนแผ่นยางที่มีเฉพาะฟองอากาศ เนื่องจากฟองอากาศมีลักษณะเป็นสีที่อ่อนกว่าสีของพื้นยางพารา แต่รอยจุดแต้มจะมีความเข้มของสีที่มากกว่าสีของพื้นยางพารา ทำให้เมื่อทำการผ่านขั้นตอนของการหาขอบภาพ (Edge detection) ทำให้บริเวณที่เป็นรอยจุดแต้มจึงถูกตัดออกจากการเลือกค่าขีดเริ่มที่แบ่งระหว่างลายตารางแผ่นยางกับฟองอากาศ ดังรูปที่ 4.15 (ก) ภาพต้นฉบับของแผ่นยางพาราที่มีฟองอากาศและรอยจุดแต้ม รูปที่ 4.15 (ข) ภาพที่ผ่านกระบวนการหาขอบภาพ เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.15 (ข) บริเวณที่เป็นรอยจุดแต้มจึงถูกตัดออก



(ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ภาพที่ผ่านกระบวนการหาขอบภาพ

รูปที่ 4.18 ภาพแผ่นยางรมควันที่ฟองอากาศและรอยจุดแต้ม

4.7 วิจารณ์ผลการทดลองการหารอยจุดแต้ม

4.7.1 การเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมในการหาฟองอากาศ

ในการตรวจหารอยจุดแต้มของแผ่นยางได้มีการทดลองนำวิธี วิธีตัวกรองกาบอร์ (Gabor Filter), ตัวกรองค่าเฉลี่ย (Average Filter), ตัวกรองลาปลาเซียนของ เกาส์เซียน (Laplacian of Gaussian) Filter และตัวกรองลาปลาเซียนLaplacian Filter มาเปรียบเทียบ ซึ่งวิธีตัวกรองลาปลาเซียน (Laplacian Filter) เป็นตัวกรองความถี่สูง(High Pass) ภาพที่ได้จะมีลักษณะของภาพที่ชัดเจนขึ้น ซึ่งหมายถึงลายตารางบนผิวแผ่นยางมีความชัดเจนทำให้การตัดค่าขีดเริ่มเพื่อหารอยจุดแต้มมีความผิดพลาด ในส่วนของตัวกรองลาปลาเซียนของ เกาส์เซียน (Laplacian of Gaussian) เป็นการนำภาพไป ผ่านตัวกรองความถี่ต่ำ (Low Pass) ก่อนเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน จากนั้นนำภาพไปผ่านตัวกรองความถี่สูง (High Pass) เพื่อให้ภาพมีความชัดเจนด้วย แต่รอยตารางของแผ่นยางรมควันยังคงมีความชัดเจนอยู่เช่นกัน ตัวกรองค่าเฉลี่ย (Average Filter) เป็นการทำภาพให้เบลอทั้งภาพ ซึ่งมีความเหมาะสมในการลบเลือนรอยตาราง แต่จะส่งผลกระทบต่อความคมชัดของรอยจุดแต้มเช่นกัน เมื่อแปลงเป็นภาพขาวดำ ทำให้ขนาดของรอยจุดแต้มเบี่ยงเบนไปจากขนาดจริง สำหรับตัวกรองกาบอร์ ซึ่งสามารถปรับทิศทางของตัวกรองได้ ประกอบกับเมื่อพิจารณารอยตารางบนพื้นผิวแผ่นยางรมควันที่มีลักษณะทิศทางค่อนไปทางแนวตั้ง จึงทำการปรับพารามิเตอร์ที่เหมาะสม และปรับทิศทางของตัวกรองในแนวนอน ส่งผลให้ลายตารางถูกลบเลือนไป แต่รอยจุดแต้มจะถูกทำให้เบลอเพียงบางส่วน ซึ่งเมื่อทำการแปลงภาพขาวดำแล้ว ทำให้ขนาดของรอยจุดแต้มใกล้เคียงค่าจริงมากที่สุดรูปที่ 4.6 ดังนั้นในขั้นตอนของการตรวจหารอยจุดแต้มนี้ จึงเลือกใช้วิธีตัวกรองกาบอร์เนื่องจากมีความเหมาะสมมากที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ ที่ทำการทดลอง หลังจากผ่านตัวกรองกาบอร์แล้วต้องแปลงภาพเป็นขาวดำ ซึ่งจะต้องมีค่าฮิสโตแกรมที่สามารถแยกภาพรอยจุดแต้มกับภาพแผ่นยางซึ่งวิธีที่นำมาเปรียบเทียบคือ Maximum Normal Line และ Optimal Local Peak เมื่อภาพตัวอย่างผ่านตัวกรองกาบอร์ทำให้ภาพมีความเบลอมากขึ้น เมื่อหาฮิสโตแกรมแล้วทำให้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยอีกทั้งรอยเปื้อนของแต่ละภาพนั้นมีระดับฮิสโตแกรมที่แตกต่างกัน จึงไม่เหมาะในการใช้วิธี Maximum Normal Line ในส่วนของวิธี

Optimal Local Peak จะเป็นการหาจุด Peak ย่อยที่อยู่ทางด้านซ้าย ดังหัวข้อ 3.4 และเลือกจุดที่เป็นจุด Peak ในช่วงค่าระดับสี 50-100 ซึ่งวิธีนี้ทำให้ได้ค่าขีดเริ่มที่มีความเหมาะสม

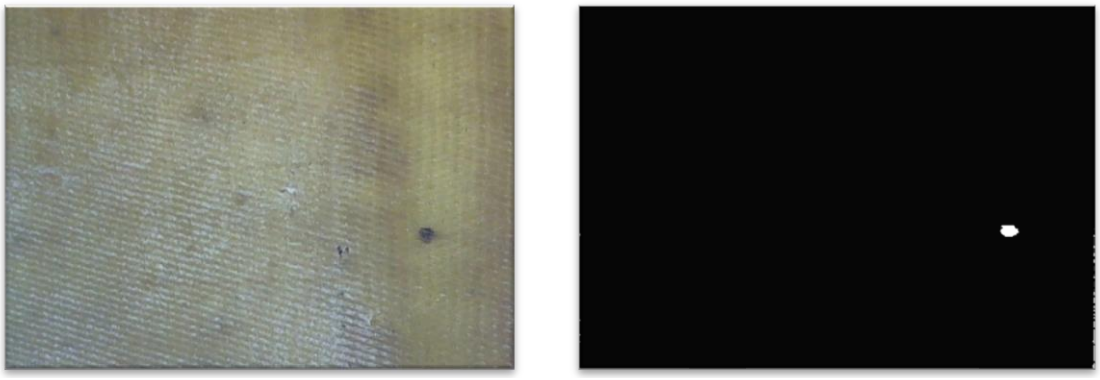
4.7.2 ผลการทดลองในการหารอยจุดแต้มบนแผ่นยางประเภทต่างๆ

แผ่นยางที่มีรอยจุดแต้ม

ในการหารอยจุดแต้มบนแผ่นยางพาราด้วยวิธีกาบอร์ในแนวนอนและหาค่าขีดเริ่มอัตโนมัติโดยใช้วิธี Optimal Local Peak ให้ค่าความถูกต้องมากที่สุดเนื่องจากลายตารางของแผ่นยางพาราเนื่องจากสามารถลบลายตารางของแผ่นยางโดยไม่ทำให้บริเวณที่เป็นรอยจุดแต้มเกิดความเสียหายและหาค่าขีดเริ่มอัตโนมัติจากวิธี Optimal Local Peak ซึ่งสามารถใช้ในการการคำนวณจากกราฟฮิสโตแกรมที่มีความหลากหลายของข้อมูลได้

แผ่นยางที่มีรอยจุดแต้มและราขาว

ในการทดลองการหารอยจุดแต้มบนแผ่นยางพาราที่มีรอยจุดแต้มกับราขาว ซึ่งได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.16 (ข) จะเห็นได้ว่าไม่ปรากฏภาพของราขาวหลังจากผ่านตัวกรองกาบอร์ เนื่องจากตัวกรองกาบอร์ทำหน้าที่ลบลายตารางและส่วนของรูปที่เป็นแนวตั้งรวมถึงราขาวที่กระจายอยู่บนลายตารางของแผ่นยาง จากนั้นเมื่อทำการแปลงเป็นภาพขาวดำโดยใช้วิธี Optimal Local Peak ทำให้เหลือแต่บริเวณที่เป็นรอยจุดแต้ม



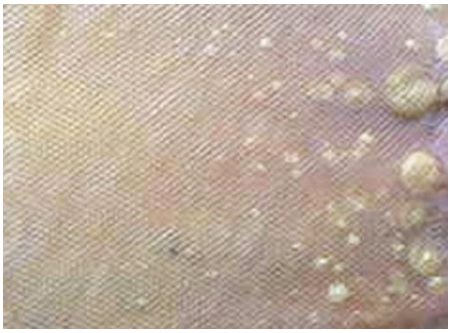
(ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ภาพที่ผ่านตัวกรองกาบอร์

รูปที่ 4.19 ภาพแผ่นยางรมควันที่มีรอยจุดแต้มและราขาว

แผ่นยางที่มีรอยจุดแต้มและแสงรบกวน

เมื่อนำภาพของรอยจุดแต้มบนแผ่นยางพาราที่มีแสงเงารบกวนมาทำการตรวจหารอยจุดแต้มด้วยวิธีตัวกรองกาบอร์ พบว่า แสงหรือเงาบางส่วนที่เกิดขึ้นทำให้การตรวจจับรอยจุดแต้มเกิดความผิดพลาด เนื่องจากแสงที่มากวนทำให้การตัดค่าขีดเริ่มเลือกค่าที่สูงเพราะต้องชดเชยกับค่าของแสงทำให้เกิดความผิดพลาด ในส่วนของเงาทำให้ระบบตัดสินใจว่าเป็นรอยจุดแต้ม แต่อย่างไรก็ตามจำนวนพิกเซลผลลัพธ์ที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จากภาพต้นฉบับแล้วไม่แตกต่างกันมากนักดังตารางที่ 4.6 และเมื่อทำการหาอัตราส่วนของพื้นที่สีดำและพื้นที่สีขาวเพื่อเป็นค่าเอาท์พุตของขั้นตอนนี้ให้ตัวเลขที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งเป็นค่าผลต่างที่ยอมรับได้

ดังนั้น จากการทดลองที่ได้กล่าวในข้างต้น วิธีตัวกรองกาบอร์เนื่องจากมีความเหมาะสมเนื่องจากสามารถลบรอยตารางของยางโดยไม่ให้เกิดผลกระทบกับรอยจุดแต้ม และวิธี Optimal Local Peak เหมาะสมในการหาค่าฮิสโตแกรมเนื่องจากสามารถใช้ในภาพที่มีการกระจายตัวของฮิสโตแกรมน้อยได้แต่มีขอบเขตในเรื่องของการถูกรบกวนจากแสงเงา ซึ่งสามารถควบคุมได้จากเครื่องถ่ายภาพ



(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ภาพที่ผ่านตัวกรองกาบอร์

(ค) ภาพขาว-ดำ

รูปที่ 4.20 ภาพแผ่นยางรมควันที่มีรอยจุดแต้มและแสงรบกวน

4.8 วิจารณ์ผลการทดลองระบบโดยรวม

ในส่วนระบบของการคัดเกรดยางรมควันได้มีการนำวิธีโครงข่ายประสาทเทียมมาช่วยในการตัดสินใจ เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพเนื่องจากการเกิดรอยตำหนิบนแผ่นยางรมควันมีความหลากหลาย อีกทั้งยังมีรอยตำหนิหลายประเภท ตำหนิที่เป็นฟองอากาศเป็นตำหนิที่ส่งผลกับคุณภาพของยางมากที่สุด ดังนั้นระบบจึงให้น้ำหนักกับฟองอากาศมากที่สุด รองลงมาคือรอยจุดแต้มและสุดท้ายคือราขาว เมื่อฟองอากาศมีมาก แต่พารามิเตอร์อื่นมีน้อยก็อาจทำให้ยางอยู่ในเกรดที่ต่ำได้ ถ้าระบบเกิดความผิดพลาดในการตรวจฟองอากาศก็จะทำให้การคัดแยกเกรดยางผิดพลาดไปด้วย การทำงานของระบบที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพยางนั้นประกอบด้วยขั้นตอนย่อยๆถึง 4 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนไม่สามารถทำงานพร้อมกันได้ ทำให้เวลาในการตรวจสอบคุณภาพยางใช้เวลานานเมื่อเปรียบเทียบกับการมองด้วยตาของผู้เชี่ยวชาญ แต่เวลาที่ใช้อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้คือประมาณ 30 วินาที/แผ่น

ในการตรวจหาฟองอากาศได้ทำการทดลองดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มสัญญาณรบกวนแบบ Speckle ครั้งละ 0.1% แล้วนำวิธี ดิฟเฟอเรนเชี่ยลบ็อกซ์เคาน์ติ้ง , เฮาส์ดอร์ฟ , บ็อกซ์เคาน์ติ้งและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มาทำการตรวจหาฟองอากาศพบว่าทุกวิธีมีค่าความถูกต้องแปรผกผันกับสัญญาณรบกวนที่เพิ่มขึ้น ในกราฟแผ่นยางฟองอากาศพบว่าวิธีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าความถูกต้องมากที่สุด และในส่วนของกราฟแผ่นยางคุณภาพมีวิธีเฮาส์ดอร์ฟมีค่าความถูกต้องมากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาทั้ง 2 กราฟพบว่าวิธี เฮาส์ดอร์ฟ เมื่อเพิ่มสัญญาณรบกวนทำให้มีการตัดสินใจให้แผ่นยางฟองอากาศเป็นแผ่นยางดีจึงเกิดความผิดพลาดขึ้นในส่วนของกราฟแผ่นฟองอากาศ ส่วนวิธีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นการพัฒนาวิธีดิฟเฟอเรนเชี่ยลบ็อกซ์เคาน์ติ้ง ให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น โดยมีการเปรียบเทียบค่าแฟร็กทัลทั้ง 16 ส่วน แล้วหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำให้ผลการทดลองมีความถูกต้องมากขึ้นเนื่องจากค่าสัญญาณรบกวนที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากันทั้งภาพ สัญญาณรบกวนจึงไม่ได้ส่งผลกระทบต่อวิธีการกระจายของแฟร็กทัล วิธีที่ใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจึงเป็นวิธีที่มีความถูกต้องมากที่สุดเมื่อมีสัญญาณรบกวนทั้งภาพของทั้งภาพยางฟองอากาศและยางคุณภาพ เมื่อนำมาใช้ในการคัดแยกยางฟองอากาศกับยางคุณภาพ จะได้ผลดังตารางที่ 4.2 เป็นการคำนวณหาฟอง ฟองอากาศด้วยวิธีการกระจายตัวของมิติแฟร็กทัลเป็นการคำนวณโดยใช้ค่าขีดเริ่มที่มาจากการกระจายตัวของค่าแฟร็กทัลในภาพตัวอย่าง 500 ภาพ โดยนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาวาดกราฟ แล้วคำนวณคำนวณหาค่าขีดเริ่มจากค่าสูงสุดของภาพที่เป็นยาง คุณภาพ ซึ่งค่าที่ได้คือ 0.00086 โดยคำนวณจากตารางที่ 4.2 มีความถูกต้อง 98% โดยเทียบกับสายตาของผู้เชี่ยวชาญ แต่ในส่วนของขอบเขตของวิธีนี้คือในกรณีที่เกิดฟองอากาศขึ้นทั่วทั้งแผ่นยางรมควัน จะทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแฟร็กทัลเท่ากันทุกส่วน จึงทำให้ระบบตัดสินใจว่าเป็นแผ่นยางคุณภาพ กรณีที่เกิดฟองอากาศทั่วแผ่นเป็นไปได้น้อยมาก จาก

ตารางที่ 4.3 เป็นการเพิ่มฟองอากาศที่พื้นผิวต่างแล้วคำนวณหาผลต่างระหว่างรูปพื้นผิวตัวอย่างกับรูปพื้นผิวที่เพิ่มฟองอากาศ ผลการทดลองที่ได้ดังรูปที่ 4.3 จากกราฟวิธีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่าผลต่างของพื้นผิวที่ 1 และ 2 มีความแตกต่างน้อยเนื่องจากเป็นพื้นผิวเรียบสม่ำเสมอ ในตัวอย่างพื้นผิวอื่นวิธีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีผลต่างที่มากกว่าวิธีอื่น

ดังนั้น จากการทดลองที่ได้กล่าวในข้างต้นวิธีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานนอกจากจะมีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนแล้ว ยังให้ค่าผลต่างของพื้นผิวที่มีรอยสม่ำเสมอมากที่สุด วิธีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมในการคำนวณหาฟองอากาศ แต่ขอบเขตของวิธีนี้คือ กรณีที่เกิดฟองอากาศขึ้นทั่วทั้งแผ่นยางรมควัน จะทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแฟร็กทัลเท่ากันทุกส่วน จึงทำให้ระบบตัดสินใจว่าเป็นแผ่นยางคุณภาพ ซึ่งกรณีที่เกิดฟองอากาศทั่วแผ่นนั้นเป็นไปได้น้อยมาก