

## การจำแนกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ MOBILE PHONE PART IDENTIFICATION USING IMAGE PROCESSING

มณีนุช นาทาดทอง<sup>1</sup> และ นิวัตร์ อังควิศิษฐพันธ์<sup>2</sup>

<sup>1</sup>นิสิต, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150, maneenuch.nat@msu.ac.th

<sup>2</sup>อาจารย์, หน่วยวิจัยแม่เหล็กไฟฟ้าเชิงคำนวณและระบบเชิงแสง คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150, niwat.a@msu.ac.th

Maneenuch Natadtong<sup>1</sup> and Niwat Angkawisitpan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Student, Department of Electrical and Computer Engineering Faculty of Engineering,  
Mahasarakham University, Kantarawichai City, Mahasarakham 44150 Thailand,  
maneenuch.nat@msu.ac.th

<sup>2</sup>Lecturer, Research Unit for Computational Electromagnetics and Optical Systems,  
Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantarawichai City, Mahasarakham  
44150 Thailand, niwat.a@msu.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการจำแนกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ มีจุดประสงค์ที่จะประยุกต์ใช้การประมวลผลภาพจากโปรแกรมเอ็นไอวิชัน มีการใช้เทคนิคในการจำแนก 3 เทคนิค ประกอบด้วย 1) เทคนิคการแพตเทิร์นแมตชิ่ง 2) เทคนิคการนับจำนวนพิกเซล และ 3) เทคนิคการอ่านบาร์โค้ด จากผลที่ได้จากการทดสอบการใช้เทคนิคนี้ในการจำแนก การจำแนกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ 99.29% และสามารถลดเวลาการทำงานได้ถึง 70.90% เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใช้ผู้ปฏิบัติงานทำงาน

**คำสำคัญ:** เทคนิคการแพตเทิร์นแมตชิ่ง, การนับจำนวนพิกเซล, การอ่านบาร์โค้ด, การประมวลผลภาพ

### ABSTRACT

This research proposes the classification of mobile phone parts using image processing. The objective of the research is to apply the image processing from NI Vision Program. There are 3 techniques, including 1) pattern matching technique, 2) pixel counting technique, and

3) barcode reading technique. From the experimental results, the accuracy of the techniques is 99.29 % and the reduce time is 70.90 % compared with the traditional technique.

**KEYWORDS:** pattern matching, pixel counting, barcode reading, image processing

## 1. บทนำ

ปัจจุบันในโรงงานประกอบโทรศัพท์มือถือแห่งหนึ่ง ซึ่งมีกระบวนการประกอบและทดสอบการทำงานของฟังก์ชันต่างๆ และจะมีงานบางส่วนที่ในระหว่างการประกอบไม่สมบูรณ์ ทำให้ฟังก์ชันบางอย่างผิดปกติ จึงต้องนำงานนั้นมาถอดชิ้นส่วน งานที่ถอดชิ้นส่วนนั้นจะแตกต่างกันออกไปตามสภาพการทำงานที่ไม่สมบูรณ์ของฟังก์ชันต่างๆ ซึ่งจะแบ่งออกเป็นกลุ่มทั้งหมด 7 กลุ่ม โดยขั้นตอนนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องตรวจสอบชิ้นงานให้มีความผิดพลาดน้อยที่สุด โดยปัจจุบันได้ใช้ผู้ปฏิบัติงานในการตรวจสอบงานว่า งานที่ถอดชิ้นส่วนนั้น สมบูรณ์ตามแบบที่กำหนดหรือไม่ ซึ่งการใช้ผู้ปฏิบัติงานอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาด เกิดความล่าช้าและขาดความสม่ำเสมอในการตรวจสอบ เนื่องจากกลุ่มของงานมีความหลากหลาย จึงได้มีการศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางและพัฒนาเป็นเครื่องมือในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

ในโรงงานอุตสาหกรรมได้มีการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพแทนการใช้ตัวตรวจจับวัตถุ [1] ใช้ตรวจสอบชิ้นงานจากภาพถ่าย [2-6] ใช้ตรวจสอบชิ้นงานแล้วส่งข้อมูลไปยังหุ่นยนต์ [7] และมีการนำไปใช้ในด้านอุตสาหกรรมการเกษตรใช้ในการตรวจสอบคุณภาพภายนอกของผลไม้ [8]

จะเห็นได้ว่า กระบวนการประมวลผลภาพมีบทบาทต่อมนุษย์มากขึ้น [9, 10] โดยกระบวนการประมวลผลภาพมีขั้นตอนต่างๆ ที่สำคัญคือ การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ [11] การแบ่งส่วนของวัตถุที่สนใจออกมาจากภาพ เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ [12] แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์และสร้างเป็นระบบ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ [12-14] และคอมพิวเตอร์มีความสามารถในการคำนวณและประมวลผลข้อมูลจำนวนมากได้ในเวลาอันสั้น จึงมีประโยชน์อย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลภาพและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากภาพในระบบต่างๆ ดังนั้น จึงได้เกิดแนวคิดในการสร้างเครื่องมือที่มีความแม่นยำสูงเพื่อใช้ในการตรวจสอบชิ้นงาน โดยการใช้เทคนิคการแพดเทิร์นแมตชิ่ง การนับจำนวนพิกเซลและการอ่านบาร์โค้ด ของโปรแกรมเอ็นไอวีชัน มาใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงานตามเวลาจริง แทนการใช้ผู้ปฏิบัติงานในการตรวจสอบ เพื่อให้มีความสม่ำเสมอ ลดการใช้ผู้ปฏิบัติงานที่ต้องมีความชำนาญและลดความผิดพลาดจากการล่าช้าของสายตา

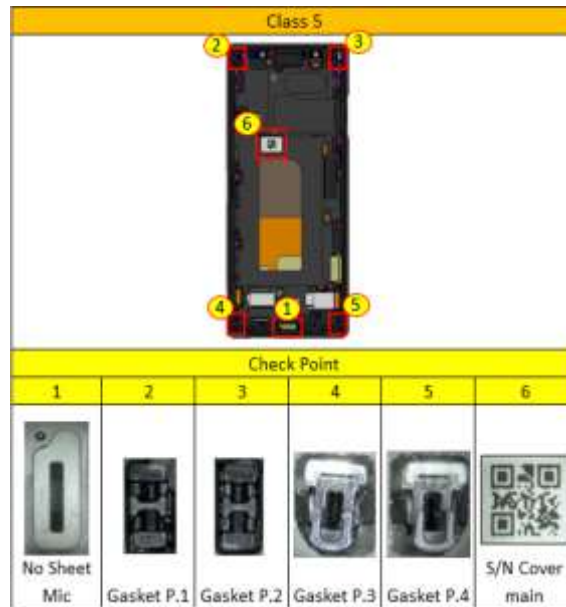
โดยที่ตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมด 7 กลุ่ม ดังรูปที่ 1-4

Class 1		Class 2				
Check Point		Check Point				
1	2	1	2	3	4	5
Camera	S/N Batt.	Camera	Sheet Mic	Screw Haptic	Screw	S/N Batt.

รูปที่ 1 งานที่ต้องตรวจสอบกลุ่มที่ 1,2

Class 3					Class 4		
Check Point					Check Point		
1	2	3	4	5	1	2	3
Front Camera	Speaker	No Screw Haptic	No Screw	S/N Cover main	No Front Camera	No Speaker	S/N Cover main

รูปที่ 2 งานที่ต้องตรวจสอบกลุ่มที่ 3,4



รูปที่ 3 งานที่ต้องตรวจสอบกลุ่มที่ 5



รูปที่ 4 งานที่ต้องตรวจสอบกลุ่มที่ 6,7

## 2. เทคนิคการประมวลผลภาพ

### 2.1 แพตเทิร์นแมตชิ่ง (Pattern matching) [15]

เทมเพลตแมตชิ่ง (Template matching) หรือการค้นหาเทมเพลต เป็นวิธีการหาภาพวัตถุที่เหมือนภาพอ้างอิงที่เรากำหนด ในวิธีนี้ ภาพอ้างอิง (Reference image) หรือเรียกอีกอย่างว่า ภาพเทมเพลต (Template image) คือภาพระดับเทาของวัตถุต้นแบบที่ต้องการค้นหาในภาพทดสอบ (Test image) ซึ่งเป็นภาพระดับเทาที่อาจมีวัตถุที่ต้องการค้นหาอยู่ การค้นหาจะใช้วิธีการหาความคล้ายคลึงระหว่างบริเวณในภาพทดสอบกับภาพเทมเพลต ซึ่งบริเวณในภาพทดสอบที่พบภาพเทมเพลตดังกล่าวจะถูกเรียกว่า เทมเพลต โดยค่าความคล้ายคลึงที่คำนวณออกมานั้นเรียกว่า ค่าคะแนนการจับคู่ (Matching score) หรือค่าคะแนนความคล้ายมีค่ามาก แสดงว่า บริเวณดังกล่าวในภาพมีความคล้ายคลึงหรือเหมือนกันมากกับภาพอ้างอิง ในทางตรงกันข้าม หากค่าคะแนนการจับคู่มีค่าน้อย แสดงว่าบริเวณนั้นมีความคล้ายคลึงน้อยมากหรือไม่เหมือนกันกับภาพอ้างอิง

วิธีวัดค่าความคล้ายของเทคนิคแพตเทิร์นแมตชิ่งส่วนใหญ่จะอยู่บนพื้นฐานของความสัมพันธ์ (Correlation) กล่าวคือ อัลกอริทึมจะใช้การเปรียบเทียบแบบพิกเซลต่อพิกเซลที่ตรงกันของภาพอ้างอิงและบริเวณของภาพทดสอบ โดยมีวิธีพื้นฐานได้แก่ Sum of Absolute Difference (SAD) และ Sum of Square Difference (SSD) ดังสมการที่ 1,2

$$SAD(i, j) = \sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{K-1} |w(x, y) - f(x + i, y + j)| \quad (1)$$

$$SSD(i, j) = \sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{K-1} [w(x, y) - f(x + i, y + j)]^2 \quad (2)$$

เมื่อ  $(i, j)$  คือจุดอ้างอิง  $(x, y)$  คือค่าพิกเซลในแนวแกน  $(x, y)$   $w$  คือภาพอ้างอิงขนาด  $L \times K$  และ  $f$  คือภาพทดสอบขนาด  $f$  ใดๆ

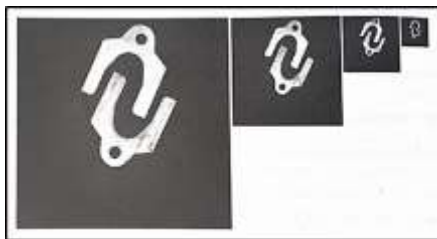
วิธีการทั้งสองนี้จะให้ค่าต่ำในบริเวณที่มีความคล้ายคลึงกันระหว่างภาพ 2 ภาพ โดยมีการคำนวณน้อยกว่าวิธี Normalized Cross-Correlation (NCC) ซึ่งเป็นการวัดค่าความคล้ายที่ให้ผลดีในกรณีระดับความเข้มแสงของทุกพิกเซลในภาพมีการเปลี่ยนแปลงแบบเชิงเส้น จากภาพหนึ่งไปยังอีกภาพหนึ่ง โดยค่า NCC ของตำแหน่งพิกเซล สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3

$$NCC(i, j) = \frac{\sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{K-1} [w(x, y) - \bar{w}][f(x + i, y + j) - \bar{f}(i, j)]}{[\sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{K-1} (w(x, y) - \bar{w})^2]^{1/2} [\sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{K-1} (f(x + i, y + j) - \bar{f}(i, j))^2]^{1/2}} \quad (3)$$

เมื่อ  $\bar{p}$  คือค่าเฉลี่ยของภาพอ้างอิง และ  $\bar{f}(i, j)$  คือค่าเฉลี่ยของบริเวณในภาพทดสอบที่มีขนาดเดียวกับภาพอ้างอิงและมีจุดอ้างอิงเป็น  $(i, j)$

จากสมการข้างต้นจะเห็นได้ว่า ค่า NCC ณ ตำแหน่งหนึ่งๆ จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 ในกรณีที่ค่า NCC มีค่าเท่ากับ +1 หมายความว่า ภาพที่นำมาทดสอบ ณ บริเวณดังกล่าวมีความคล้ายคลึงหรือเหมือนกับภาพอ้างอิงหรืออีกนัยหนึ่งคือ หากค่า NCC มีค่าเป็น -1 หรือเข้าใกล้ -1 หมายถึงบริเวณดังกล่าวของภาพทดสอบมีความคล้ายคลึงกับภาพอ้างอิงมากเช่นกัน แต่มีการกลับหัวของภาพหรือภาพเนกาทีฟ

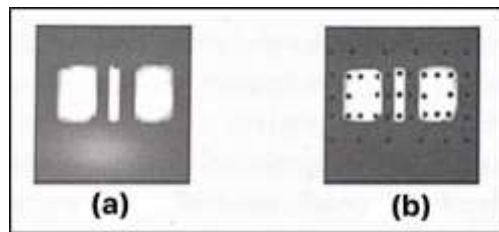
พีระมิดแมตซิง (Pyramidal matching) เป็นวิธีการลดปริมาณการคำนวณค่าความคล้ายของแพตเทิร์นแมตซิง การทำพีระมิดแมตซิงแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการสร้าง (ชุดภาพพีระมิด) และขั้นตอนการใช้งาน ในขั้นตอนการสร้างอัลกอริทึมจะกรองภาพด้วยตัวกรองที่ยอมให้ความถี่ต่ำผ่านแบบเกาส์ (Gaussian low-pass filter) แล้วสุ่มจุดจากภาพอ้างอิงและภาพทดสอบด้วยช่วงห่างคงที่ (Subsampling) ขนาด 1 พิกเซล (สุ่ม 1 จุดเว้น 1 จุด) ในแต่ละแถวและคอลัมน์ทำให้ได้ภาพขนาด 1/4 เท่าของเดิม (ความกว้างและยาวลดลงอย่างละ 1/2) ซึ่งเราจะเรียกภาพต้นฉบับของทั้งภาพอ้างอิงและภาพทดสอบว่า พีระมิดชั้นที่ 1 ภาพใหม่ที่ได้เรียกว่า พีระมิดชั้นที่ 2 ทำเช่นเดียวกันเพื่อสร้างพีระมิดชั้นที่ 3 และชั้นที่สูงขึ้นไป ในขั้นตอนการใช้งานอัลกอริทึมจะทำการค้นหาแบบหยาบไปละเอียด (Coarse-to-fine matching) โดยเริ่มจากชั้นที่สูงที่สุด โดยใช้หลักการหาค่าความคล้ายของบริเวณในภาพทดสอบกับภาพอ้างอิงที่ระดับเดียวกัน ตำแหน่งที่มีค่าความคล้ายสูงจะถูกเก็บไว้เป็นตำแหน่งแข่งขัน (Candidate position) เพื่อใช้กับการค้นหาในชั้นที่ต่ำลงมา โดยการค้นหาในชั้นที่ต่ำลงมานั้น จะทำในบริเวณรอบตำแหน่งแข่งขันของชั้นที่เจอในระดับก่อนหน้าเท่านั้น ทำเช่นนี้ไปจนถึงระดับที่ 1 ดังรูปที่ 5 ตัวอย่างชุดภาพพีระมิดที่ระดับต่างๆ



รูปที่ 5 ตัวอย่างชุดภาพพีระมิดที่ระดับต่างๆ [15]

การใช้ข้อมูลสุ่มความซ้ำซ้อนต่ำ (Low discrepancy sampling) เนื่องจากความซ้ำซ้อนของข้อมูลภาพมีปริมาณมาก เอ็นไอวีซีจึงพัฒนาเทคนิคการใช้ข้อมูลสุ่มความซ้ำซ้อนต่ำ มาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการค้นหาเทมเพลต โดยอยู่บนพื้นฐานการคำนวณค่าความคล้ายแบบ NCC เทคนิคนี้

ใช้ข้อมูลสุ่มเสมือน (Pseudo-random subsampling) แทนที่การพิจารณาข้อมูลจุดทุกจุด วิธีนี้จะสุ่มจุดพิกเซลจากภาพอ้างอิงและบริเวณที่กำลังพิจารณาในภาพทดสอบในตำแหน่งตรงกัน โดยให้มีการกระจายตัวสม่ำเสมอ วิธีการนี้ให้สมดุลของการใช้กริดคงตัว (Uniform grid) และการใช้วิธีการสุ่ม (Random sampling) โดยการใช้กริดคงตัวอาจทำให้พลาดจุดสำคัญบางจุด เช่น ขอบในแนวตั้งหรือแนวนอน ในขณะที่การใช้วิธีการสุ่มอาจทำให้จุดข้อมูลรวมกลุ่มและเกิดพื้นที่ว่างในบริเวณที่มีจุดเบาบาง ซึ่งอาจมีข้อมูลที่สำคัญอยู่ผลจากการใช้ข้อมูลสุ่มเสมือนทำให้ได้ทั้งจุดที่อยู่ที่ขอบ (Edge pixels) และจุดในพื้นที่ที่มีความเข้มคงตัว (Region pixels) ดังรูปที่ 6(b) แสดงจุดที่สุ่มได้จากวิธีการนี้



รูปที่ 6 จุดที่สุ่มได้จากวิธีการใช้ข้อมูลสุ่มเสมือน (a) ภาพต้นฉบับ (b) ข้อมูลสุ่มเสมือนที่สร้างภายในภาพ(จุดสีดำคือข้อมูลที่ถูกละเลือก) [15]

ข้อจำกัดของวิธีการใช้ข้อมูลสุ่มความซ้ำซ้อนต่ำ ผลการทดสอบเทคนิคการใช้ข้อมูลสุ่มความซ้ำซ้อนต่ำ โดยเทคนิคนี้จะให้ผลที่ไม่คงเส้นคงวา ถ้าภาพเทมเพลตมีลักษณะดังต่อไปนี้

- มีขนาดเล็กเกินไป
- มีพื้นที่ขนาดใหญ่ที่มีความเข้มพิกเซลคงที่
- มีรูปทรงที่มีอัตราส่วนแอสเปคต์ที่สูงหรือต่ำมากเกินไป (มากกว่า 1 ต่อ 6 หรือในทำนองกลับกัน) เมื่อใช้กับการค้นหาแบบไม่ผันแปรตามการเปลี่ยนแปลงมุมการวางตัว

การจับคู่ทางเรขาคณิต (Geometric matching) การค้นหาเทมเพลตที่มีความถูกต้องระดับดีกว่าพิกเซล ผู้ใช้สามารถกำหนดให้มีการค้นหาเทมเพลตที่มีความถูกต้องระดับดีกว่าพิกเซล ได้ทั้งวิธีพีระมิดแมตซิงและวิธีการใช้ข้อมูลสุ่มความซ้ำซ้อนต่ำ ขั้นตอนนี้อัลกอริทึมจะอาศัยข้อมูลทั้งค่าความเข้มพิกเซลและข้อมูลขอบในภาพเทมเพลตร่วมกับวิธีการประมาณค่า เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่มีความถูกต้องระดับดีกว่าพิกเซลและมุมการวางตัวที่มีความถูกต้องระดับดีกว่าองศาของเทมเพลต ในวิธีการนี้อัลกอริทึมจะทำการคำนวณและประมาณค่าเพื่อหาตำแหน่งและมุมการวางตัวที่ให้คะแนนสูงที่สุด

## 2.2 เทคนิคการนับจำนวนพิกเซล

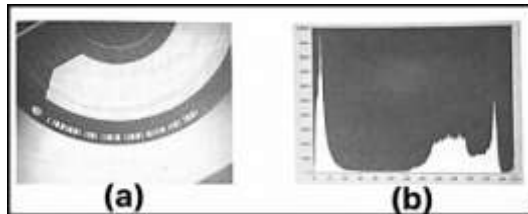
ฮิสโทแกรมของภาพ [15] เป็นรูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลภาพที่สร้างโดยการนับจำนวนพิกเซลในแต่ละค่าระดับเทาในภาพ สามารถแสดงผลของฮิสโทแกรมในลักษณะเป็นกราฟแท่งหรือแสดงเป็นกราฟเส้นหรือเรียกว่า ฮิสโทกราฟ (Histogram) ฮิสโทแกรมจะอธิบายลักษณะโดยทั่วไปของการกระจายตัวของค่าระดับเทาภายในภาพและช่วยในการระบุลักษณะของส่วนสำคัญหลายๆ ส่วนภายในภาพ เช่น วัตถุ (Object) พื้นหลัง (Background) หรือสัญญาณรบกวน (Noise) ซึ่งแต่ละส่วนของ ฮิสโทแกรมก็มักจะเป็นบริเวณที่แตกต่างกัน เช่น ถ้าวัตถุมีแสงตกกระทบมากเฉดสีที่ปรากฏจะค่อนข้างสว่างในขณะที่พื้นหลังมีแสงกระทบน้อยทำให้ภาพปรากฏเป็นสีมืด ฮิสโทแกรมก็ควรมี 2 บริเวณที่แยกจากกัน (ค่าใกล้ 255 และค่าใกล้ 0 ตามลำดับ) โดยมีปริมาณของแต่ละบริเวณเป็นสัดส่วนกับขนาดของวัตถุและพื้นหลังในภาพ

ฮิสโทแกรมเชิงเส้นสามารถแสดงเป็นฟังก์ชันที่มีตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (Independent variable) เป็นค่าระดับเทาในช่วง 0 ถึง 255 โดยมีค่าฟังก์ชันแทนได้ด้วยสมการที่ 4

$$H(k) = n_k \quad (4)$$

เมื่อ  $k$  คือค่าระดับเทา  $n_k$  คือจำนวนพิกเซลภายในภาพที่มีค่าระดับเทาเท่ากับ  $k$

เทคนิคการนับจำนวนพิกเซลนั้นคือค่าระดับเทาในช่วง 0 ถึง 255 ของฮิสโทแกรมนั่นเอง โดยจากการกำหนดช่วงของค่าของภาพอ้างอิง แล้วนำมาใช้กับภาพทดสอบดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ตัวอย่างฮิสโทแกรมเชิงเส้นของภาพระดับเทา (a) ภาพระดับเทา (b) ฮิสโทแกรมเชิงเส้นของภาพในรูป (a) [15]

## 2.3 เทคนิคการอ่านบาร์โค้ด

การถอดรหัสบาร์โค้ด [16] ฟังก์ชันการถอดรหัสบาร์โค้ด (Barcode decoding functions) ของเอ็นไอวีชันรองรับชนิดของบาร์โค้ดได้หลายแบบ โดยแบ่งเป็น 2 ประเภทหลัก คือ

- 1) บาร์โค้ดที่บาร์กับช่องว่างมีความกว้าง 2 ขนาดแตกต่างกัน เช่น Code 25, Code 39, Coda bar, MSI, Pharma code



2) บาร์โค้ดที่บาร์กับช่องว่างมีความกว้างมากกว่า 2 ขนาดแตกต่างกัน เช่น Code 93, Code 128, EAN 8, EAN 13, UPC A และ GS1 Data Bar Limited ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 8

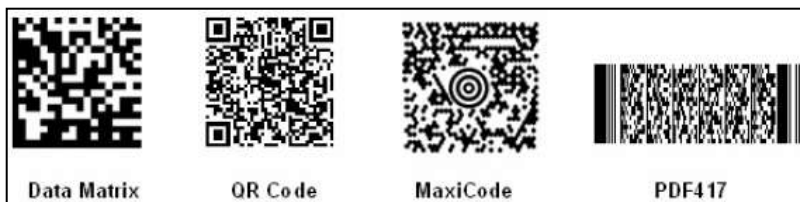


รูปที่ 8 ตัวอย่างบาร์โค้ด 1 มิติ [16]

ฟังก์ชันการถอดรหัสโค้ด 2 มิติ (2D code decoding functions) ของเอ็นไอวีชันสามารถรองรับรูปแบบของโค้ด 2 มิติได้หลายประเภท ได้แก่ โค้ดตาต้าเมทริกซ์ (Data matrix), โค้ด PDF417, โค้ด QR Code และ โค้ด Micro QR Code แสดงดังรูปที่ 9 โดยขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชันการถอดรหัสโค้ด 2 มิติประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ

1) ขั้นตอนการระบุตำแหน่งอย่างหยาบ (Coarse locating phase) เป็นขั้นตอนที่ผู้ใช้งานระบุ ROI ในภาพ ซึ่งช่วยให้อัลกอริทึมสามารถระบุบริเวณที่มีโค้ด 2 มิติอยู่ได้ง่ายขึ้น (ถ้าผู้ใช้งานไม่ระบุ ROI อัลกอริทึมจะถือว่าทั้งภาพคือ ROI) ขั้นตอนนี้ใช้เพิ่มประสิทธิภาพของขั้นตอนถัดไปเนื่องจากบริเวณขอบเขตการค้นหา (Search region) มีขนาดลดลง

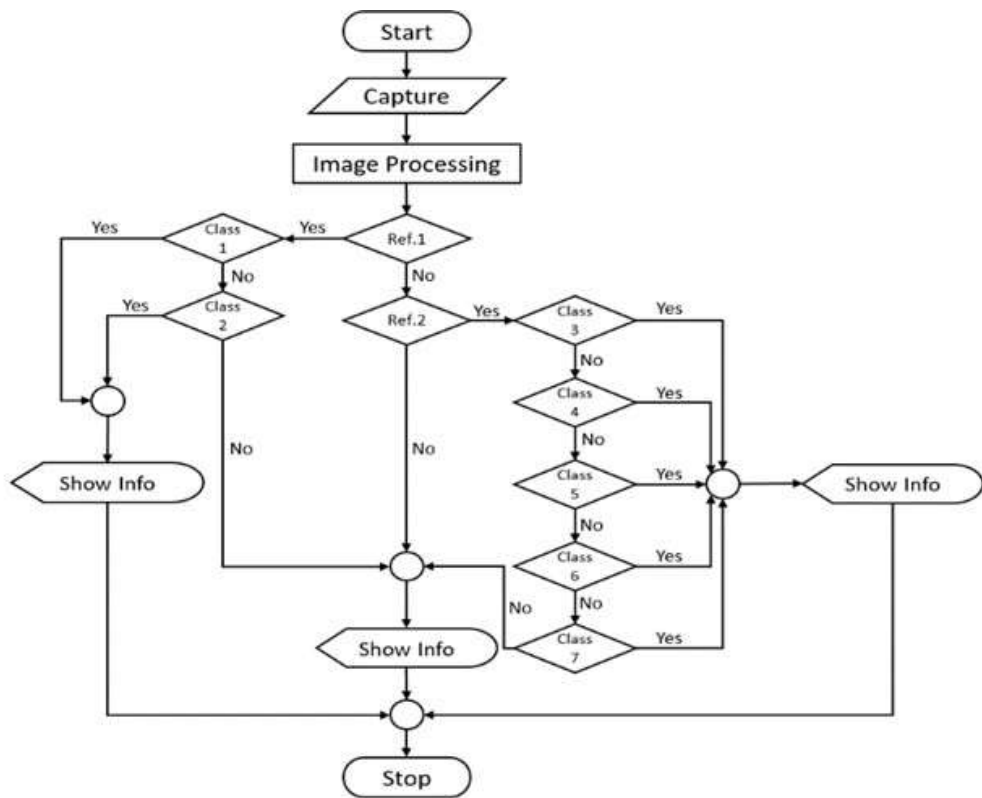
2) ขั้นตอนการระบุตำแหน่งและถอดรหัส (Locating and decoding phase) เป็นขั้นตอนที่อัลกอริทึมจะค้นหาและถอดรหัสโค้ด 2 มิติหรือหลายตัวภายใน ROI



รูปที่ 9 ตัวอย่างบาร์โค้ด 2 มิติ [16]

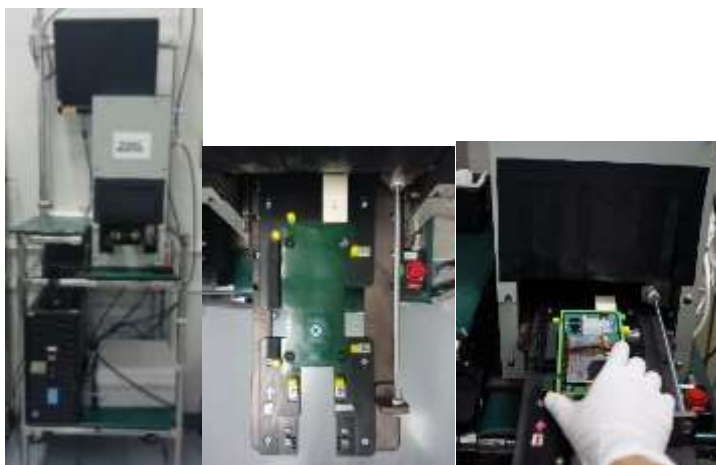
### 3. การทดลอง

การทำงานของเครื่องมือโดยเริ่มจากการจับภาพตามเวลาจริง แล้วใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ การหาจุดอ้างอิงในแต่ละกลุ่ม เพื่อลดเวลาในการตรวจสอบ เมื่อได้จุดอ้างอิงแล้วเข้าสู่ขั้นตอนการตรวจสอบชิ้นส่วนในกลุ่มนั้นๆ ว่ามีความถูกต้องตามที่กำหนดไว้หรือไม่ แล้วแสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์แสดงดังรูปที่ 10



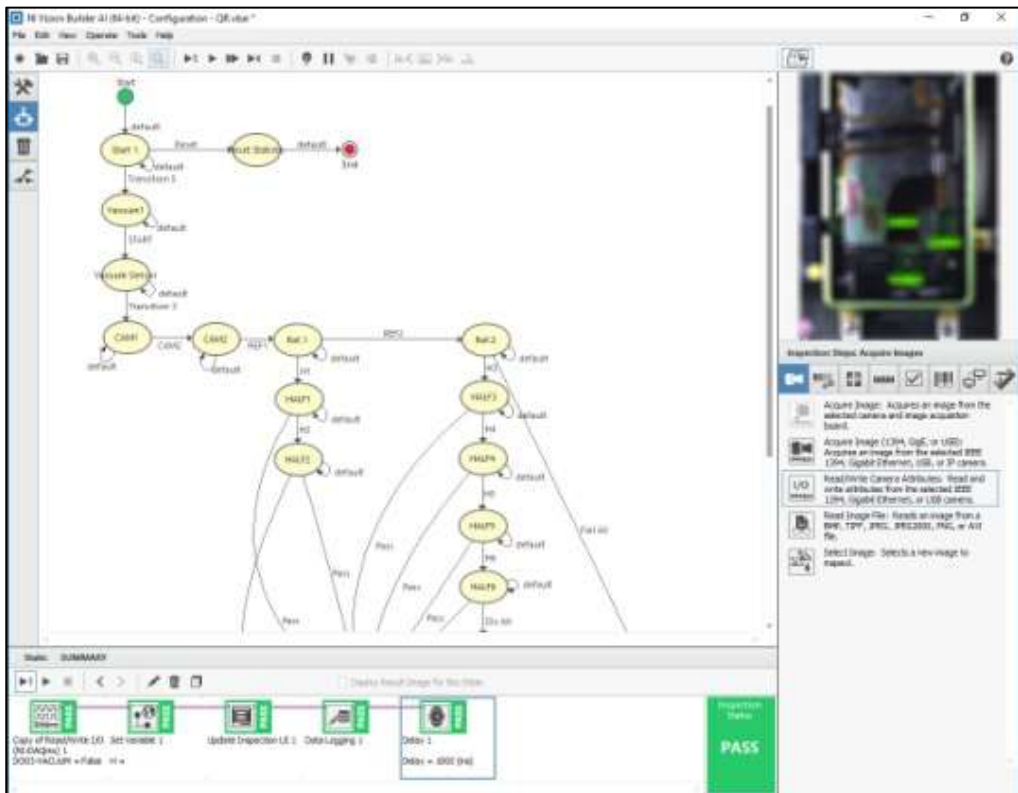
รูปที่ 10 แผนผังการทำงานของเครื่องมือ

อุปกรณ์ที่ใช้ได้แก่ คอมพิวเตอร์ NI DAQ กล้องทีบแสง กล้อง ไฟLEDแบบเส้น และแท่นวางชิ้นงาน ดังรูปที่ 11

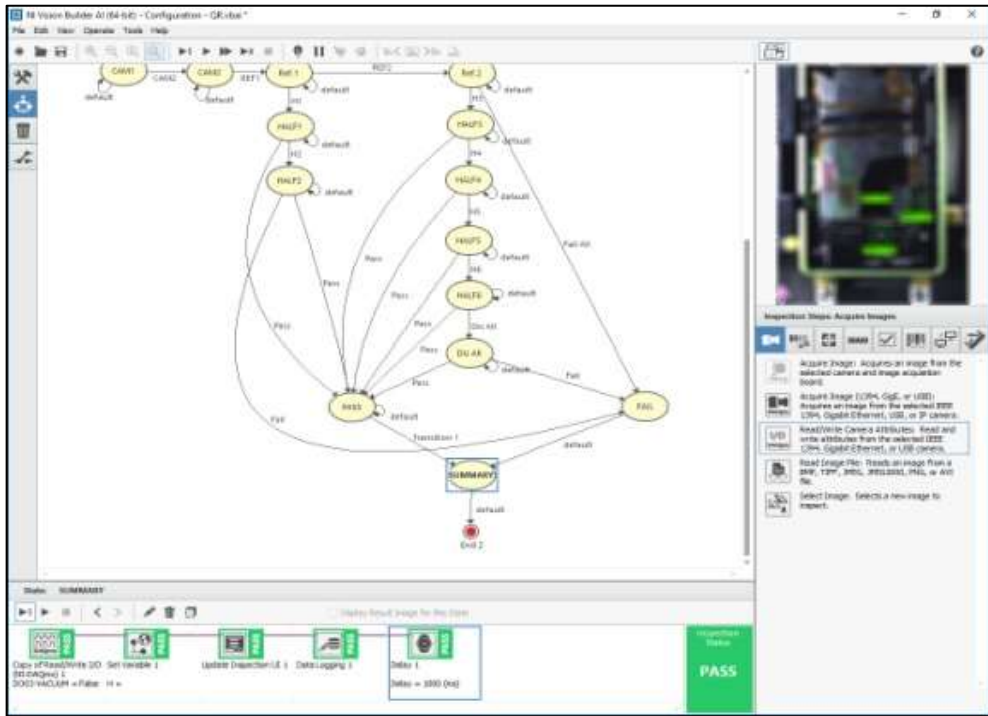


รูปที่ 11 เครื่องมือที่ใช้สร้างขึ้นมาเพื่อตรวจสอบชิ้นงาน

การเขียนโปรแกรมการทำงาน ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม เริ่มจากการรับภาพเข้ามาจาก กล้องถ่ายรูปแบบเรียลไทม์แล้วปรับภาพเป็นภาพขาวดำ เพื่อให้ตำแหน่งภาพคมชัด แล้วใช้อัลกอริทึมแบบการสุ่มความซ้ำซ้อนต่ำ การนับจำนวนพิกเซลและการอ่านบาร์โค้ด ใช้กับตำแหน่งที่ต้องการตรวจสอบตามความเหมาะสมกับตำแหน่งนั้นๆ แล้วตั้งค่าพารามิเตอร์จากการทดสอบ ตำแหน่งการมี/ไม่มีชิ้นงานนั้นๆ แล้วแสดงผลออกมาทางหน้าจอและเก็บข้อมูลไว้ที่ระบบฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไปแสดงดังรูปที่ 12-14



รูปที่ 12 การเขียนโปรแกรมการทำงาน



รูปที่ 13 การเขียนโปรแกรมการทำงาน

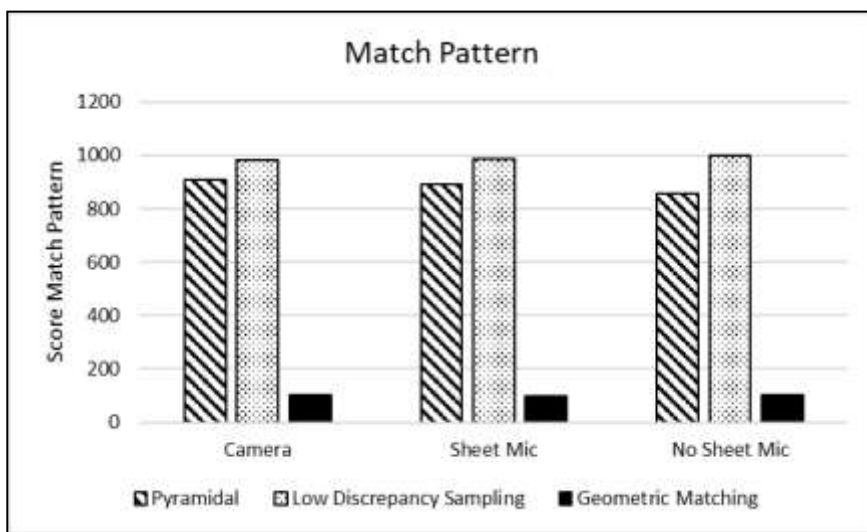


รูปที่ 14 หน้าต่างแสดงผล

ในการแบ่งกลุ่มของงานมีทั้งหมด 7 กลุ่มและชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบ ได้มีการทดสอบเปรียบเทียบเทคนิคที่ใช้ที่เหมาะสมในตำแหน่งต่างๆ โดยใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้นมาดังนี้

การเปรียบเทียบตำแหน่งที่ตรวจสอบโดยใช้เทคนิคแพตเทิร์นแมตซิง อัลกอริทึมที่ใช้ พีระมิดแมตซิง (Pyramidal) การสุ่มความซ้ำซ้อนต่ำ (Low discrepancy sampling) และการจับคู่ทางเรขาคณิต (Geometric matching) หาค่าคะแนนความเหมือนที่สูงที่สุด เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบชิ้นงาน

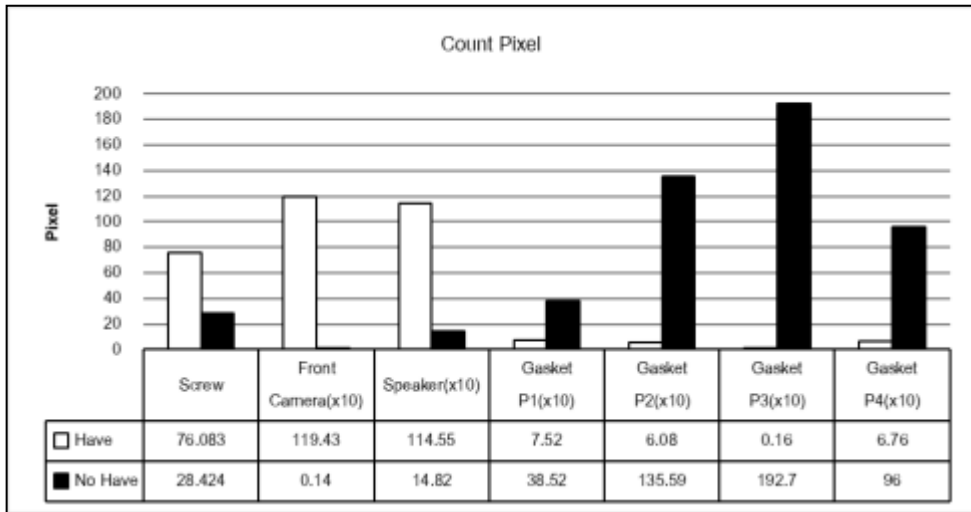
การตรวจสอบคะแนนการแมตซิงของภาพต่างๆ ที่ต้องการตรวจสอบดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 คะแนนการแมตซิงของภาพต่างๆ ที่ต้องการตรวจสอบ

จากรูปที่ 15 ตารางคะแนนการแมตซิงที่ได้มีค่าสูงที่สุด จึงเลือกใช้อัลกอริทึมการสุ่มความซ้ำซ้อนต่ำ (Low discrepancy sampling)

การเปรียบเทียบตำแหน่งที่ตรวจสอบโดยใช้การนับจำนวนพิกเซลของภาพระดับเทา วิธีการนี้จะเป็นวิธีการหาเครื่องมือที่คาดว่าจะสามารถตรวจสอบชิ้นส่วนได้ โดยการเปรียบเทียบการมี/ไม่มีของชิ้นส่วน จากการนับจำนวนพิกเซลของตำแหน่งต่างๆ แล้วนำค่าจำนวนพิกเซลนั้นมากำหนดเป็นขีดจำกัดของการตรวจสอบตำแหน่งนั้นๆ แสดงดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 จำนวนพิกเซลของตำแหน่งต่าง ๆ

จากรูปที่ 16 ตารางแสดงจำนวนพิกเซลของตำแหน่งต่าง ๆ สามารถหาขีดจำกัดของแต่ละตำแหน่งได้ดังนี้

- 1) ตำแหน่งที่มีสกรูค่าต่ำสุดอยู่ที่ 60 สูงสุดอยู่ที่ 100 และตำแหน่งที่ไม่มีสกรูค่าต่ำสุดอยู่ที่ 15 สูงสุดอยู่ที่ 40
- 2) ตำแหน่งที่มีกล้องหน้าค่าต่ำสุดอยู่ที่ 8 สูงสุดอยู่ที่ 15 และตำแหน่งที่ไม่มีกล้องหน้าค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0 สูงสุดอยู่ที่ 2
- 3) ตำแหน่งที่มีลำโพงค่าต่ำสุดอยู่ที่ 8 สูงสุดอยู่ที่ 15 และตำแหน่งที่ไม่มีลำโพงค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0 สูงสุดอยู่ที่ 5
- 4) ตำแหน่งที่มี Gasket จุดที่ 1 ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0 สูงสุดอยู่ที่ 2 และตำแหน่งที่ไม่มี Gasket จุดที่ 1 ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 3 สูงสุดอยู่ที่ 6
- 5) ตำแหน่งที่มี Gasket จุดที่ 2 ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0 สูงสุดอยู่ที่ 3 และตำแหน่งที่ไม่มี Gasket จุดที่ 2 ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 8 สูงสุดอยู่ที่ 18
- 6) ตำแหน่งที่มี Gasket จุดที่ 3 ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0 สูงสุดอยู่ที่ 3 และตำแหน่งที่ไม่มี Gasket จุดที่ 3 ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 13 สูงสุดอยู่ที่ 25
- 7) ตำแหน่งที่มี Gasket จุดที่ 4 ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0 สูงสุดอยู่ที่ 3 และตำแหน่งที่ไม่มี Gasket จุดที่ 4 ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 7 สูงสุดอยู่ที่ 15

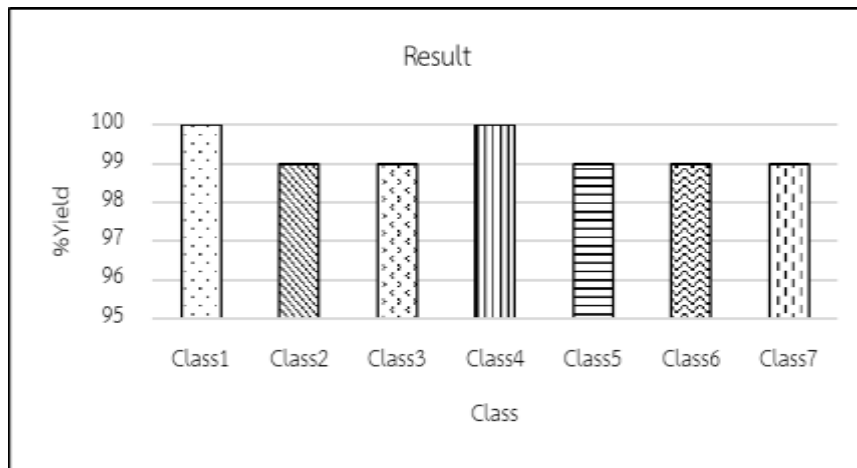
ความถูกต้องหรือความแม่นยำ (Accuracy) [17] เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถของเครื่องมือวัด (Instrument) ในการอ่านค่าหรือแสดงค่าที่วัดได้เข้าใกล้ค่าจริง หาได้จากสมการที่ 5

$$Accuracy = 100 - \left| \frac{x_{true} - x_{total}}{x_{total}} \right| \times 100 \quad (5)$$

โดยที่  $x_{true}$  คือ จำนวนครั้งทั้งหมดที่ถูกต้อง,  $x_{total}$  คือ จำนวนครั้งทั้งหมดที่ทดสอบ

#### 4. ผลการทดลอง

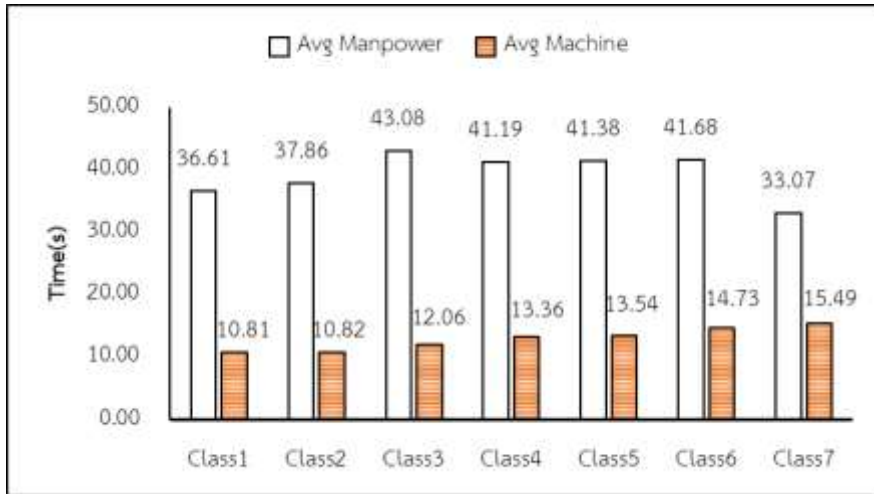
จากตำแหน่งที่ต้องการตรวจสอบในแต่ละกลุ่ม จึงได้ทำการวิเคราะห์การใช้อัลกอริทึมให้เหมาะสมกับตำแหน่งนั้นๆ และทำการใช้อัลกอริทึมนั้นๆ ในการตรวจสอบ จำแนกชิ้นงานทั้งหมด 7 กลุ่ม กลุ่มละ 100 ครั้ง ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 ผลการทดลองการใช้เครื่องมือในการตรวจสอบและจำแนกชิ้นส่วนโทรศัพท์มือถือ

จากรูปที่ 17 การทดลองสามารถคำนวณหาค่าความถูกต้อง (Accuracy) ของการตรวจสอบ จำแนกกลุ่มชิ้นงานทั้งหมด 7 กลุ่ม ได้ค่าดังนี้ กลุ่มที่ 1 และ 4 ค่าความถูกต้อง 100% กลุ่มที่ 2, 3, 5, 6 และ 7 ค่าความถูกต้อง 99% และสามารถคำนวณได้ว่า ค่าความถูกต้องของเครื่องมือนี้คือ 99.29%

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาในการตรวจสอบ จำแนกชิ้นงานระหว่างการทำงานของ ผู้ปฏิบัติงานและการใช้เครื่องมือนี้ได้ผลดังรูปที่ 18



รูปที่ 18 ค่าเวลาเปรียบเทียบระหว่างผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องมือที่สร้างขึ้นมา

จากรูปที่ 18 ตารางแสดงค่าเวลาเปรียบเทียบระหว่างผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องมือที่สร้างขึ้นมานี้ เวลาเฉลี่ยของผู้ปฏิบัติงานอยู่ที่ 41.92 วินาที เวลาเฉลี่ยของเครื่องมืออยู่ที่ 12.82 วินาที เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบ จำแนกชั้นส่วนลดลงคิดเป็น 70.90%

### 5. สรุปผล

จากการวิจัยครั้งนี้ เป็นการสร้างเครื่องมือที่ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพและการใช้โปรแกรม เอ็นไอวีชัน เพื่อช่วยเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบ จำแนกชั้นส่วนโทรศัพท์มือถือที่ผ่านการถอดประกอบ โดยที่การจัดกลุ่มจำแนกออกเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มที่ 1-7 โดยการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพการแพดเทิร์นแมตซิง การนับจำนวนพิกเซลและการอ่านบาร์โค้ดมาใช้และมีการนำอัลกอริทึมของแพดเทิร์นแมตซิงมาเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพการตรวจสอบชิ้นงาน ทำให้ได้ทราบว่า อัลกอริทึมที่เหมาะสมที่สุดคือ การสุ่มความซ้ำซ้อนต่ำ (Low discrepancy sampling) เนื่องจากมีค่าคะแนนแพดเทิร์นแมตซิงที่สูงที่สุด สามารถตรวจสอบชิ้นงานได้อย่างถูกต้อง โดยจากการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพต่างๆ ที่กล่าวมา มาใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบ จำแนกชิ้นงานทำให้ได้ค่าความถูกต้องอยู่ที่ 99.29% และเครื่องมือนี้สามารถลดเวลาการทำงานได้ถึง 70.90% เมื่อเทียบกับผู้ปฏิบัติงาน

จากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบกับโทรศัพท์มือถือในรุ่นอื่นๆ ได้ ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ให้สอดคล้องและเหมาะสมกับรูปแบบของชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบได้



## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ (สอวช.) ที่ได้ให้ทุนการศึกษาในโครงการโรงเรียนในโรงงาน (Work-integrated Learning: WiL) ตลอดทั้งหลักสูตรการศึกษาระดับปริญญาโท 2 ปี

บริษัท สมาร์ท (2015) เซอร์วิสเซส จำกัด ที่ได้คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทำวิจัยในครั้งนี้

## References

- [1] Chinpanthana N, Phiasai T. Fast normalized cross correlation for real time automatic counting objects system. Science and technology RMUTT Journal 2017;7(2):168-82. (In Thai)
- [2] Pannawan A, Sudsawat S. Automated part inspection by image processing system in vehicle part manufacturing. The Journal of Applied Science 2017;16(1):45-59. (In Thai)
- [3] Yammen S, Pimkumwong N, Rityen C. Classification of white rice seeds by image processing. RMUTP Research Journal Science and Technology 2016;10(1):1-14. (In Thai)
- [4] Tipmanee A. Image processing and feature extraction techniques for hard disk platter defect diagnosis. Journal of information science and technology [Internet]. 2010 [cited 2019 Feb 21];1(1):54–62. Available from: [https://doi.nrct.go.th/ListDoi/listDetail?Resolve\\_DOI=10.14456/jist.2010.7](https://doi.nrct.go.th/ListDoi/listDetail?Resolve_DOI=10.14456/jist.2010.7). (In Thai)
- [5] Suparak S. Manhole cover detection on road surface image using image processing technique [Thesis] [Internet]. Bangkok: Chulalongkorn University; 2011 [cited 2019 Feb 10]. Available from: <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/37611>. (In Thai)
- [6] Wanitchai P. Traffic warning sign detection and classification using digital image processing [Thesis] [Internet]. Bangkok: Chulalongkorn University; 2011 [cited 2019 Jan 15]. Available from: [http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/15814/1/Pattarapan\\_Wa.pdf](http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/15814/1/Pattarapan_Wa.pdf) (In Thai)
- [7] Nerakae P, Uangpairaj P, Chamniprasart K. Using machine vision for flexible automatic assembly system. Procedia Computer Science 2017;96:428-35.
- [8] Zhao Y, Wang D, Qian D. Machine vision based image analysis for the estimation of pear external quality. [Internet]. 2009 Second International Conference on Intelligent

- Computation Technology and Automation; 2009 Oct 10-11; Hunan, China. 2009 [cited 2019 Apr 15]. p. 629-32. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5287572>
- [9] jaratcyberu.blogspot.com. Image processing [Internet]. 2019 [cited 2019 Apr 15]. Available from: <http://jaratcyberu.blogspot.com/2009/10/image-processing.html>
- [10] Chinpanthana N, Phainoun S, Chotsuriyasinsukh R. A study on research in digital image processing and its applications. The 16th Graduate Studies of Northern Rajabhat University Network Conference; 2016 July 22; Petchabun, Thailand. p. 546-55. (In Thai)
- [11] Jariyawattanarat W. Improving real-time uneven green screen matting [Thesis] [Internet]. Bangkok: Chulalongkorn University; 2018 [cited 2019 Feb 12]. Available from: <http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/61571/1/5970305121.pdf> (In Thai)
- [12] Mehrubeoglu M, Pham LM, Le HT, Muddu R, Ryu D. Real-time eye tracking using a smart camera. [Internet]. 2011 IEEE Applied Imagery Pattern Recognition Workshop (AIPR); 2011 Oct 11-13; Washington, D.C., USA. 2011. 2012 [cited 2019 Apr 15]. p. 1-7. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6176373>
- [13] Udomdee M. Image processing applications in aluminum alloy wheel inspection [Thesis] [Internet]. Bangkok: Chulalongkorn University; 1998 [cited 2019 Jan 15]. Available from: [http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/9171/8/Manachai\\_Ud\\_front.pdf](http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/9171/8/Manachai_Ud_front.pdf). (In Thai)
- [14] Sutwinit N. Detection of behavioral design patterns using class diagram [Thesis] [Internet]. Bangkok: Chulalongkorn University; 2011 [cited 2019 Feb 12]. Available from: <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/22435> (In Thai)
- [15] Kewtragunpong P. Application of machine vision algorithms using NI Vision. 1.1. Bangkok: CUPrint; 2017.
- [16] National science and technology development agency (NSTDA). Introducing barcode technology [Internet]. [cited 2019 Jan 15]. Available from: <https://www.nstda.or.th/th/nstda-knowledge/3377-2d-barcode>.
- [17] Pornchaloempong P. Accuracy [Internet]. Food network solution. 2012 [cited 2019 Aug 15]. Available from: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4289/accuracy-ความถูกต้อง-ความแม่นยำ>.

**ประวัติผู้เขียนบทความ**

มณีนุช นากาดทอง ปัจจุบันเป็นนิสิตในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2559



นิวัตร อังควิชิฐพันธ์ ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2540 ปริญญา Master of Science (Electrical and Computer Engineering) จาก Purdue University, USA พ.ศ. 2546 และ Ph.D.(Electrical Engineering) จาก University of Massachusetts Lowell, USA พ.ศ. 2552

---

**Article History:**

Received: March 13, 2020

Revised: July 30, 2020

Accepted: July 30, 2020