

กรอบการประเมินผลระบบการวัดแบบข้อมูลนับของเทคนิคแมชชีนวิชันสำหรับการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมบนหน้าหัวอ่านฮาร์ดดิสก์

A FRAMEWORK OF ATTRIBUTE DATA MEASUREMENT SYSTEM EVALUATION OF MACHINE VISION TECHNIQUES FOR CONTAMINATION DETECTION ON AIR BEARING SURFACE

ปัญญา สำราญพันธ์^{1*} ณภพ ชัยสุวรรณ² บุริม นิลแป้น³

Panya Samranhan^{1*} Napop Saisuwan² Burim Nilpan³

^{1,2,3} คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

^{1,2,3} Faculty of Engineering and Industrial Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University

*Corresponding author, E-mail : panya.su@bsru.ac.th

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพสูง และมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของไทยเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีมูลค่าการส่งออกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 - 2562 โดยเฉลี่ยกว่า 3 หมื่นล้านบาท หรือเฉลี่ยต่อปี ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์พยายามพัฒนาเทคโนโลยีใหม่เพื่อช่วยในการควบคุมคุณภาพ โดยเฉพาะการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กมีความพยายามเปลี่ยนวิธีการตรวจสอบโดยพนักงาน เปลี่ยนเป็นการตรวจสอบด้วยระบบการประมวลผลภาพ หรือแมชชีนวิชันที่จะช่วยเพิ่มความแม่นยำ และความต่อเนื่องในการทำงานเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการตรวจสอบด้วยระบบแมชชีนวิชันก็ยังมีข้อจำกัดในด้านความเชื่อมั่นในการประเมินค่าความคลาดเคลื่อนจากการตรวจสอบ สำหรับการตัดสินใจในการจะนำระบบมาใช้งาน ดังนั้นบทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดกรอบสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพระบบแมชชีนวิชัน ด้วยการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลนับสำหรับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ กรอบการวิเคราะห์ระบบการวัดของบทความนี้มาจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง และนำเสนอเป็น 3 ส่วน คือส่วนแรกคือการตรวจสอบคุณภาพด้วยแมชชีนวิชัน และการประเมินค่าความคลาดเคลื่อนจากการตรวจสอบ และส่วนสุดท้ายเป็นกรอบของการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลนับสำหรับการวิเคราะห์ระบบแมชชีนวิชัน ผลของงานวิจัยนี้ นักวิชาการและผู้จัดการสามารถนำกรอบของการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลนับไปใช้เป็นแนวทางในการตรวจสอบความเชื่อมั่นของค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด และประเมินประสิทธิภาพสำหรับการทดสอบระบบแมชชีนวิชันต่อไป

คำสำคัญ : ระบบแมชชีนวิชัน, การวิเคราะห์ระบบการวัด ,การประเมินผลระบบการวัด

ABSTRACT

The electronics industry of Thailand is an industry with high potential and very important to the Thai economy. the exported value from 2016 to 2019 years, an average of over US \$ 30 billion per year. In the electronics industry, trying to develop new technologies to control quality, especially the small electronic components quality inspection. Attempts have been made to change the inspection method by the employee

to image processing systems or machine vision. It improves the accuracy and continuity of work. However, the machine vision inspection has limitations in the confidence in the valuation of error from inspection results for a decision to implement the system. Therefore, this paper aims to provide a framework for analyzing the efficiency of machine vision systems by attribute data measurement system analysis for electronic components. The measurement system analysis framework of this document from the relevant literature review and presented in 3 parts, the first is a quality inspection by machine vision. The second part is the development of machine vision systems and the evaluation of the error from the inspection, and then finally is the measurement system analysis of the attribute data for machine vision analysis. Results of this document scholars and managers can apply a framework for analyzing the attribute data measurement system as a guideline for verifying the confidence of measurement error and evaluate the performance of the machine vision systems.

Keywords: Machine Vision System, Measurement System analysis, Measurement System Evaluation

1. บทนำ

อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพสูง และมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของไทยเป็นอย่างมาก เนื่องจากอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 – 2562 โดยเฉลี่ยกว่า 3 หมื่นล้านเหรียญสหรัฐต่อปี [1] ซึ่งจากสรุปภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี พ.ศ.2562 และแนวโน้มปี 2563 ของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม ได้สรุปแนวโน้มของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ได้อย่างน่าสนใจว่าการผลิตสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ในปี 2562 ถึงจะมีการปรับตัวลดลงร้อยละ 6.3 เมื่อเทียบกับปี 2561 เนื่องจากมีการหดตัวของสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ของโลก และการลดลงของมูลค่าการส่งออกของกลุ่มตลาดหลักที่สำคัญ ได้แก่ ญี่ปุ่น อาเซียน จีน สหภาพยุโรป และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น แต่ถึงอย่างไรสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ได้การคาดการณ์แนวโน้มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในปี 2563 จะเพิ่มขึ้นได้อีกร้อยละ 1.6 เมื่อเทียบกับปี 2562 เนื่องจากเศรษฐกิจโลกจะเข้าสู่ภาวะขาขึ้นของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์โลก และเมื่อพิจารณาสินค้าหลักบางรายการเช่น อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ที่จะมีการย้ายฐานการผลิตจากมาเลเซียมายังประเทศไทย ทำให้ไทยได้ประโยชน์จากศักยภาพในอุตสาหกรรมดังกล่าว จากมูลค่าการส่งออกสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย ประมาณร้อยละ 70 เป็นสินค้าประเภท Hard disk drive(HDD), Integrated circuit(IC), และ Printed circuit board(PCB) รวมกัน

การควบคุมคุณภาพของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบันจะมุ่งเน้นการควบคุมสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ บนชิ้นงานด้วยการสร้างห้องคลีนรูม การเปลี่ยนเครื่องแต่งกายในการเข้าพื้นที่ปฏิบัติงาน และทำการตรวจสอบชิ้นงานด้วยพนักงานทั้งก่อนเข้ากระบวนการและที่เป็นสินค้าสำเร็จรูปแล้ว ซึ่งการตรวจสอบชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็ก เช่น หัวอ่านฮาร์ดดิสก์ที่ต้องใช้กล้องขยายขนาด 20 เท่า กรณีตรวจสอบเบื้องต้น และกำลังขยายขนาด 200 เท่า กรณีตรวจสอบแบบละเอียด ดังนี้



รูปที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กด้วยพนักงาน

<http://jeet.siamtechu.net>

การควบคุมคุณภาพของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน นอกเหนือจากการตรวจสอบคุณภาพด้วยพนักงานแล้ว ภาคอุตสาหกรรมได้เร่งพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการตรวจสอบ เนื่องจากถึงแม้ว่าการตรวจสอบด้วยพนักงานจะมีข้อดีที่มีความยืดหยุ่นสามารถตัดสินใจได้หลายลักษณะ แต่ก็จะมีข้อจำกัดด้านเวลาและความต่อเนื่องในการทำงาน จึงเป็นที่มาของการนำเทคโนโลยีการตรวจสอบคุณภาพจากการถ่ายภาพเข้ามาใช้แก้ปัญหาดังกล่าว ตัวอย่างการนำเครื่องจักรเข้ามาช่วยพนักงานในการตรวจสอบสินค้า [2] ดังเช่นการตรวจสอบความสมบูรณ์รอยเชื่อมของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ [3] ตรวจสอบและแยกของเสียจำนวน 6 ลักษณะแบบอัตโนมัติ[4] และการตรวจสอบของเสียที่ผิวของ TFT-LCD เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีต่าง ๆ จะถูกนำเข้ามาช่วยและทำงานทดแทนการทำงานของมนุษย์มากยิ่งขึ้น [5]

แต่อย่างไรก็ตาม การพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับการตรวจสอบคุณภาพด้วยภาพถ่าย หรือระบบแมชชีนวิชั่นถึงจะมีการพัฒนาไปมาก แต่ยังคงพบข้อจำกัดในการประเมินค่าความเชื่อมั่นของความคลาดเคลื่อนจากระบบแมชชีนวิชั่นซึ่งในปัจจุบันการพัฒนาระบบแมชชีนวิชั่นนิยมแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือสำหรับการฝึกอบรม และการทดสอบความคลาดเคลื่อนของการวัด แต่ยังมีงานวิจัยส่วนน้อยที่ประยุกต์การศึกษา GR&R แบบข้อมูลนับสำหรับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นบทความนี้จะกำหนดกรอบในการประเมินค่าความเชื่อมั่นของความคลาดเคลื่อนจากระบบแมชชีนวิชั่น ด้วยการวิเคราะห์ระบบการวัด GR&R ข้อมูลนับตามแนวทางการวิเคราะห์ระบบการวัด(Measurement System Analysis: MSA) ของกลุ่มปฏิบัติการอุตสาหกรรมยานยนต์(Automotive Industry Action group: AIAG) [6]

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอกรอบการวิเคราะห์ระบบการวัด GR&R แบบข้อมูลนับของการทดสอบระบบแมชชีนวิชั่น สำหรับตรวจสอบรอยตำหนิบนชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ตามแนวทางการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MSA) ของกลุ่มปฏิบัติการอุตสาหกรรมยานยนต์ (Automotive Industry Action group: AIAG)

3. การตรวจสอบคุณภาพด้วยแมชชีนวิชั่น

การตรวจสอบคุณภาพของสินค้าด้วยระบบการประมวลผลภาพในภาคอุตสาหกรรม สามารถแยกประเภทการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้ 4 ประเภท [2] คือการตรวจสอบขนาด การตรวจสอบพื้นผิว การตรวจสอบเทียบกับมาตรฐาน และการตรวจสอบโครงสร้าง ซึ่งการตรวจสอบรอยตำหนิบนชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ของกรอบงานวิจัยครั้งนี้อยู่ในกลุ่มของการตรวจสอบคุณภาพแบบพื้นผิว(Surface) และงานวิจัยที่เกี่ยวกับการตรวจสอบพื้นผิว มุ่งเน้นตรวจจับข้อบกพร่องบนพื้นผิวที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน โดยจะพยายามสร้างความเด่นชัดของความแตกต่างบนพื้นผิวของภาพถ่าย เช่น ระดับสี ,ขอบองค์ประกอบในภาพ ซึ่งหลายๆ งานวิจัยจะนำเทคนิคการประมวลผลภาพ หรือระบบแมชชีนวิชั่นมาใช้ในการตรวจจับข้อบกพร่องด้วย 3 เทคนิค [7] คือการจดจำรูปแบบทางสถิติ (Statistical pattern recognition) การแยกแยะคุณลักษณะ(feature vector extraction) และการจำแนกภาพพื้นผิว (texture/image classification) โดยตัวอย่างลักษณะข้อบกพร่องบนพื้นผิวของแต่ละผลิตภัณฑ์ถึงจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน แต่ก็ยังมีสิ่งเหมือนกันและสามารถระบุได้ คือข้อบกพร่องจะมีลักษณะเด่นที่นอกเหนือจากพื้นผิวผลิตภัณฑ์ที่เป็นปกติ [8]

4. ขั้นตอนการพัฒนาระบบแมชชีนวิชั่น และการประเมินค่าความคลาดเคลื่อนจากการ

ตรวจสอบ

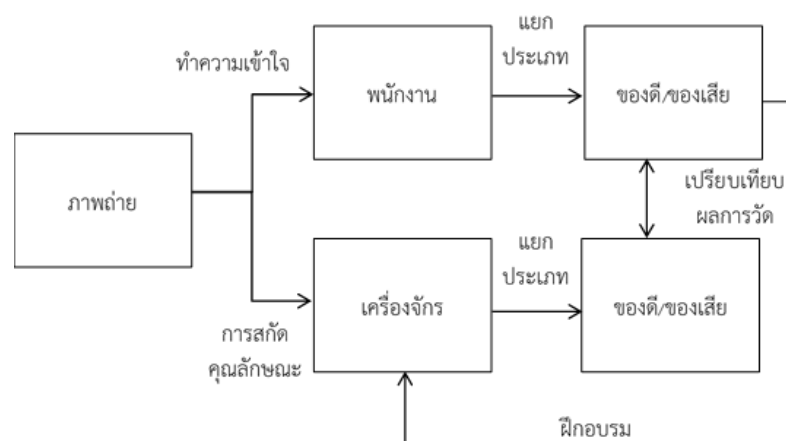
ดังที่กล่าวมาแล้วในภาพรวมของการตรวจสอบคุณภาพแบบอัตโนมัติถึงขั้นตอนการทำงานของเครื่องตรวจสอบคุณภาพแบบอัตโนมัติ ซึ่งในเอกสารวิชาการหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะมีขั้นตอนการดำเนินการต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องตรวจสอบคุณภาพสินค้าอัตโนมัติ

ลำดับ	ผู้วิจัย/ปีที่ตีพิมพ์	Input image	Optical Acquisition	Image Acquisition	Pre-processing	Segmentation	Feature extraction	Feature selection	Training	Classify	สรุปขั้นตอนและรูปแบบตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย
1.	[9]		/		/	/	/			/	การมองเห็นของเครื่องจักรจากภาพต้นแบบ
2.	[10]	/			/		/	/		/	อธิบายความสัมพันธ์ของการจดจำจากการมองเห็นของเครื่องจักร
3.	[11]			/	/		/	/	/	/	พัฒนาการเรียนรู้จากการมองเห็น และจดจำที่ซ้ำ ๆ กัน

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ[12] และ [13] ที่มีขั้นตอนดำเนินการตรวจสอบคุณภาพจากภาพ 3 ขั้นตอนคือการเตรียมภาพ (Preprocessing), การแยกองค์ประกอบของภาพ (Feature extraction), และการแบ่งประเภทของภาพ (Pattern classification) และงานวิจัยของ[14] การออกแบบกระบวนการตรวจสอบหน้าสัมผัสหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ที่มีประสิทธิภาพสิ่งที่สำคัญคือความสามารถในการกำหนดพื้นที่ที่สนใจ (ROI)

ขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการตรวจสอบอัตโนมัติด้วยระบบแมชชีนวิชชั่นมีขั้นตอนที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยแต่สามารถสรุปขั้นตอนได้ 3 ขั้นตอนหลักๆ คือขั้นตอนการเตรียมกระบวนการเพื่อให้เครื่องสามารถอ่านภาพได้ ขั้นตอนการทำให้เครื่องจักรรู้จักภาพเพื่อทำการประมวลผล และขั้นตอนการตัดสินใจเพื่อแยกประเภทของภาพ และการเปรียบเทียบผลตรวจสอบคุณภาพของพนักงานและการตรวจสอบคุณภาพด้วยเครื่องจักร โดยสามารถสรุปได้ดังภาพต่อไปนี้



รูปที่ 2 กรอบการประเมินประสิทธิภาพระบบการตรวจสอบคุณภาพระหว่างพนักงานและแมชชีนวิชชั่น

5. การประเมินผลระบบการวัดแบบข้อมูลนับ

5.1 ความหมายของการประเมินผลระบบการวัดแบบข้อมูลนับ

การประเมินผลระบบการวัด(Measurement system evaluation ; MSE) หรือ การศึกษา GR&R สำหรับการวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบคุณลักษณะเชิงคุณภาพหรือข้อมูลนับ(Attribute Characteristics) การประเมินผลจะออกมาในรูปแบบยอมรับหรือปฏิเสธ ซึ่งในเอกสารนี้จะนำเสนอวิธีการประเมินผลในระยะสั้นเพื่อตรวจสอบความสามารถจากการทำเหมือน และทำซ้ำ [15] ดังสมการต่อไปนี้

$$\% \text{ รีพีทอะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบแต่ละคน} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (1)$$

$$\% \text{ ความไม่ไว้วางใจของพนักงานตรวจสอบแต่ละคน} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2)$$

5.2 การกำหนดตัวอย่างในการวิเคราะห์ระบบการวัด

ดังที่กล่าวไปแล้วว่าการพัฒนาระบบแมชชีนวิชั่นต้องอาศัยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องจักร โดยเตรียมตัวอย่าง(ภาพ)สำหรับการฝึกอบรมให้เครื่องจักรเกิดการเรียนรู้ชุดหนึ่ง และข้อมูลอีกชุดหนึ่งสำหรับการประเมินค่าความคลาดเคลื่อน [10] [15] กำหนดตัวอย่างไว้ 3 ลักษณะ คือลักษณะดี ลักษณะเสีย และลักษณะก้ำกึ่ง(ทั้งก้ำกึ่งดีและก้ำกึ่งเสีย จำนวนอย่างละเท่า ๆ กัน) ทั้ง 3 ลักษณะจะกำหนดจำนวนตัวอย่างลักษณะละ 1 ใน 3 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด [16] โดยการกำหนดจำนวนตัวอย่างและจำนวนครั้งในการทดสอบซ้ำอย่างน้อย อ้างอิงตาม [17] ซึ่งการทดสอบระบบแมชชีนวิชั่นของเอกสารนี้จะทำการเปรียบเทียบผลที่ตรวจสอบได้จากระบบแมชชีนวิชั่นเทียบกับพนักงาน เปรียบได้กับมีจำนวนพนักงาน 2 คน เปรียบเทียบกัน จึงเลือกใช้จำนวนชิ้นงานตัวอย่างที่ต่ำสุด 18 ตัวอย่าง และมีจำนวนทดลองซ้ำเท่ากับ 4 ครั้ง [15] มีแผนการรวบรวมข้อมูลดังตารางต่อไป

ตารางที่ 2 ตารางการเก็บข้อมูลการวิเคราะห์ระบบการวัด GR&R แบบข้อมูลนับของเทคนิคแมชชีนวิชั่นและพนักงาน

ลำดับ	คุณภาพงานที่แท้จริง (ดี หรือเสีย)	ตรวจสอบด้วยคน				ตรวจสอบด้วยเครื่อง			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1									
2									
3									
...									
n									

5.3 การวิเคราะห์ผลของระบบการตรวจสอบของระบบแมชชีนวิชั่น

การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบของระบบแมชชีนวิชั่นเป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบระหว่างผลการตรวจสอบของพนักงานเทียบกับผลการตรวจสอบของระบบแมชชีนวิชั่น ภายใต้สมมติฐานของความมีประสิทธิภาพการตรวจสอบของพนักงานและระบบแมชชีนวิชั่นที่ละคู่ ดังสมมติฐานต่อไปนี้

H_0 : พนักงานและระบบแมชชีนวิชั่นไม่มีผลต่อค่าวัดจากระบบการตรวจสอบ

H_1 : พนักงานและระบบแมชชีนวิชั่นมีผลต่อค่าวัดจากระบบการตรวจสอบ

5.3.1 การประเมินประสิทธิภาพการตรวจสอบของพนักงานด้วย GR&R แบบข้อมูลวัด

เพื่อประเมินค่ารีพีทะบิลิตี้ของผู้ตรวจสอบ(พนักงาน และระบบแมชชีนวิชั่น) และหากไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดให้ทำการปรับปรุงการเรียนรู้ของเครื่องจักรใหม่ และทำการประเมินค่ารีพีทะบิลิตี้เพื่อปรับปรุงค่าให้ดีขึ้น และการประเมินค่าความไม่ไบอัสของผู้ตรวจสอบ และหากไม่ผ่านเกณฑ์จะต้องปรับปรุงวิธีการตรวจสอบใหม่ ซึ่งการประเมินค่ารีพีทะบิลิตี้ และความไม่ไบอัสนี้จะช่วยให้ผู้พัฒนาระบบแมชชีนวิชั่นสามารถทราบได้ถึงสาเหตุและจุดที่ต้องปรับปรุงระบบเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนจากการตรวจสอบลงได้

5.3.2 การเปรียบเทียบวิธีการตรวจสอบแบบเก่า(พนักงานตรวจสอบ) และวิธีการตรวจสอบแบบใหม่ (ระบบแมชชีนวิชั่น) เพื่อประกอบการตัดสินใจถึงวิธีการใหม่ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้หรือไม่

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบการทดสอบระหว่างพนักงานและระบบแมชชีนวิชั่น

	พนักงาน		ผลรวม
	ของเสีย	ของดี	
ระบบแมชชีนวิชั่น	ของเสีย		
	ของดี		
ผลรวม			

การทดสอบสมมุติฐานจะพิจารณาระดับความสัมพันธ์ระหว่างกันจากผลการตรวจสอบของพนักงานและระบบแมชชีนวิชั่นที่เหมือนกัน (Interrater agreement) ด้วย Cohen's Kappa หรือ Kappa and Kendall's coefficient ดังสมการ

$$Kappa = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

เมื่อ P_o = ผลรวมของค่าสังเกตแนวทแยงมุม

P_e = ผลรวมของค่าสัดส่วนคาดหวังแนวทแยงมุม

ซึ่ง [6] แนะนำการประเมินผล Kappa ที่ได้ไว้ว่า

Kappa $\geq$ 0.75 หมายถึง ผลการตรวจสอบพ้องกันดีมาก

Kappa $\leq$ 0.40 หมายถึง ผลการตรวจสอบไม่พ้องกัน

5.2.3 ความสามารถในการตรวจสอบของระบบแมชชีนวิชั่น

โดยพิจารณาถึงควมมีประสิทธิภาพของพนักงาน(operation effectiveness index; O_E) ดัชนีการตรวจสอบปฏิเสธที่ผิดพลาด(False alarm index; I_{FA}) และดัชนีการตรวจสอบยอมรับที่ผิดพลาด(Index of a miss; I_{MISS}) ดังสมการต่อไปนี้

$$O_E = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจสอบได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนโอกาสทั้งหมดที่จะถูกต้อง}} \quad (4)$$

$$I_{FA} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธผิดพลาด}}{\text{จำนวนโอกาสทั้งหมดที่จะปฏิเสธผิดพลาด}} \quad (5)$$

$$I_{MISS} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ยอมรับผิดพลาด}}{\text{จำนวนโอกาสทั้งหมดที่จะยอมรับผิดพลาด}} \quad (6)$$

ตารางที่ 4 กำหนดเกณฑ์การตัดสินใจสำหรับความสามารถการตรวจสอบของพนักงาน[18] ไว้ดังตารางต่อไปนี้

การตัดสินใจ	O_E	I_{FA}	I_{MISS}
ยอมรับพนักงานทดสอบ	$\geq 90\%$	$\leq 2\%$	$\leq 5\%$
ยอมรับพนักงานแบบกำกึ่ง	$\geq 80\%$	$\leq 5\%$	$\leq 10\%$
ปฏิเสธพนักงานทดสอบ	$< 80\%$	$> 5\%$	$> 10\%$

หมายเหตุ พนักงานสำหรับเอกสารนี้หมายถึงระบบแมชชีนวิชชั่น

การวิเคราะห์ระบบการวัดยังสามารถพยากรณ์โอกาสในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์บกพร่องอย่างถูกต้อง ตามกฎของเบย์ [15] ได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$P(\text{บกพร่องจริง/ตรวจว่าบกพร่อง}) = \frac{P(\text{สัดส่วนปฏิเสธถูก}) P(\text{บกพร่องจริง})}{P(\text{สัดส่วนปฏิเสธถูก}) P(\text{บกพร่องจริง}) + P(\text{สัดส่วนปฏิเสธผิดพลาด}) P(\text{ของดี})} \quad (7)$$

สัดส่วนปฏิเสธถูก หมายถึง พนักงานตรวจว่าบกพร่อง / สินค้ามีความบกพร่องจริง(ของเสีย)

สัดส่วนปฏิเสธผิดพลาด หมายถึง พนักงานตรวจว่าบกพร่อง / สินค้าไม่มีความบกพร่อง(ของดี)

6. บทสรุป

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการวิเคราะห์ระบบการวัดผลการตรวจสอบของระบบแมชชีนวิชชั่น สำหรับการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมบนหน้าหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ จากกรอบของการวิเคราะห์ระบบการวัดนี้สามารถนำไปใช้ในการกำหนดเป็นกรอบการประเมินประสิทธิภาพของระบบการตรวจสอบของแมชชีนวิชชั่น และนำไปประเมินค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดว่ามีสาเหตุมาจากแหล่งใดเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบแมชชีนวิชชั่นให้ดีขึ้นได้ ข้อจำกัด การนำเสนอกรอบสำหรับการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมบนหน้าหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ในเอกสารนี้เป็นเพียงกรอบการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเท่านั้น และงานวิจัยหลังจากนี้จะนำกรอบที่นำเสนอไปใช้ในการทดสอบและวิเคราะห์ระบบการวัดของระบบแมชชีนวิชชั่นสำหรับการตรวจสอบหน้าหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ต่อไปและจะกลับมารายงานผลอีกครั้ง

7. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยของมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ประจำปีงบประมาณ 2563

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. (2563). รายงานสถานการณ์อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, [ออนไลน์] แหล่งที่มา: [http://www.oie.go.th/assets/portals/1/fileups/2/files/Industry% 20conditions/ annual2019trends2020.pdf.pdf](http://www.oie.go.th/assets/portals/1/fileups/2/files/Industry%20conditions/annual2019trends2020.pdf.pdf)
- [2] Malamas EN, Petrakis EGM, Zervakis M, Petit L, Legat JD. A survey on industrial vision systems, applications and tools. *Image Vis Comput.* 2003;12(2):171–88.
- [3] Wu F, Zhang X. An inspection and classification method for chip solder joints using color grads and Boolean rules. *Robot Comput Integr Manuf.* 2014;30(5):517–26.
- [4] Jeffrey Kuo CF, Peng KC, Wu HC, Wang CC. Automated inspection of micro-defect recognition system for color filter. *Opt Lasers Eng.* 2015;70:6–17.
- [5] Cen YG, Zhao RZ, Cen LH, Cui LH, Miao ZJ, Wei Z. Defect inspection for TFT-LCD images based on the low-rank matrix reconstruction. *Neurocomputing.* 2015;149(C):1206–15.
- [6] Down M, Czubak F, Gregory G, Stahley S, Benham D. Measurement System Analysis - MSA Fourth Edition [Internet]. Automotive Industry Action group: AIAG; 2010. 1–241 p. Available from: <https://www.aiag.org/quality/automotive-core-tools/msa>
- [7] Tsai DM, Chen MC, Li WC, Chiu WY. A fast regularity measure for surface defect detection. *Mach Vis Appl.* 2012;23(5):869–86.
- [8] Lin HD. Automated visual inspection of ripple defects using wavelet characteristic based multivariate statistical approach. *Image Vis Comput.* 2007;25(11):1785–801.
- [9] Golnabi H, Asadpour A. Design and application of industrial machine vision systems. *Robot Comput Integr Manuf.* 2007;23(6):630–7.
- [10] Demant C, Streicher-Abel B, Garnica C. Industrial Image Processing. 2nd ed. Industrial Image Processing. Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2013.
- [11] Ravikumar S, Ramachandran KI, Sugumaran V. Machine learning approach for automated visual inspection of machine components. *Expert Syst Appl.* 2011;38(4):3260–6.
- [12] Snyder WE, Qi H. Machine vision. Machine Vision. Cambridge University Press; 2010.
- [13] Satorres S, Gomez J, Gamez J, Sanchez A. A Machine Vision for Automated Headlamp Lens Inspection. *Vis Sensors Edge Detect.* 2010;(August).
- [14] Kunakornvong P, Sooraksa P. Machine vision for defect detection on the air bearing surface. In: Proceedings - 2016 IEEE International Symposium on Computer, Consumer and Control, IS3C 2016. IEEE; 2016. p. 37–40.
- [15] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) : ประมวลผลด้วย MINITAB. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น); 2546
- [16] Wen S, Chen Z, Li C. Vision-based surface inspection system for bearing rollers using convolutional neural networks. *Appl Sci.* 2018;8(12):1–19.
- [17] Fasser Y. and Brettner D., Wiley. Quality and Reliability Engineering. New York: John Wiley & Sons Inc.; 1992.
- [18] Chrysler Group LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation. Measurement system analysis 4th ed. Automotive Industrial Action Group(AIAG); 2010.