

# การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับการตรวจสอบอะแดปเตอร์การ์ด

## Algorithm Development for Investigating Adapter Cards

บวร ตั้งดี, ไพศาล มุณีสว่าง และ สุชาติ แย้มเม่น\*

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok 65000, E-mail: sucharty@nu.ac.th

**บทคัดย่อ** – บทความนี้นำเสนอการพัฒนาขั้นตอนการตรวจหาเม็ดโฟม ของภาพอะแดปเตอร์การ์ด วิธีการตรวจหาเม็ดโฟมที่นำเสนอมี 3 ขั้นตอน คือ (1) ขั้นตอนการสร้างภาพต้นฉบับอะแดปเตอร์การ์ด (2) ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลภาพที่นำมาทดสอบซึ่งประกอบด้วยการเลือกบริเวณที่น่าสนใจ การปรับค่าระดับกำลังของภาพให้เท่ากันและการแปลงเป็นภาพไบนารีด้วยวิธีโอซี และ (3) ขั้นตอนการตรวจสอบสภาพของอะแดปเตอร์การ์ดด้วยการหาเม็ดโฟมซึ่งประกอบด้วยการลบภาพที่นำมาทดสอบด้วยภาพต้นฉบับ การติดฉลากและเชื่อมต่อพิกเซลวัตถุที่ติดต่อกันเพื่อหาตำแหน่งของเม็ดโฟม การกรองสัญญาณรบกวนและการใช้ค่าขีดแบ่งในการตัดสินใจ จากผลการทดลอง พบว่าประสิทธิภาพสูงสุดในการตรวจหาเม็ดโฟม ของขั้นตอนที่นำเสนอเกิดขึ้นเมื่อเลือกจำนวนพิกเซลวัตถุที่เชื่อมติดกันที่ตำแหน่งมากกว่า 25 พิกเซล เลือกองค์ประกอบโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 4x4 พิกเซล และกำหนดค่าขีดแบ่งเท่ากับ 111.50 โดยมีค่าตัวชี้วัดประสิทธิภาพทั้งสิ้น ดังนี้ ความไวมีค่าเท่ากับ 98.46% ความจำเพาะมีค่าเท่ากับ 96.00% ความถูกต้องมีค่าเท่ากับ 96.00% และความแม่นยำมีค่าเท่ากับ 88.89%

**คำสำคัญ** : เม็ดโฟม อะแดปเตอร์การ์ด วิธีติดฉลากและเชื่อมต่อพิกเซลวัตถุที่ติดต่อกัน

**Abstract** - This paper presents the algorithm development for detecting the Styrofoam beads in the adapter card image. The proposed method has three steps:

(1) the process of constructing the template image of the adapter card, (2) the process of preparing testing images, which includes with selecting region of interest, adjusting the power level of the image and converting the testing image into a binary image by using the Otsu method, and (3) the process of detecting the Styrofoam beads, which includes with subtracting the testing image with the template image, labeling and connecting objects pixels in order to determine the location of the Styrofoam beads, filtering noise and using the threshold value in the decision making process. From experimental results, these show that the most satisfactory result for detecting the Styrofoam beads of the proposed algorithm occurs when the number of pixels for the connected object position is more than 25 pixels, the structure element is a square of 4 x 4 pixels, and the threshold value is equal to 111.50. In addition, the efficiency of proposed method provides the four following quantitative measures. The value of the sensitivity is equal to 98.46%, the value of the specificity is equal to 96.00%, the value of the accuracy is equal to 96.60%, and the value of the precision is equal to 88.89%.

**Keywords** : styrofoam beads, adapter cards, connected component labeling

## 1. บทนำ

นับตั้งแต่ประมาณปี พ.ศ. 2530 เป็นต้นมา ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ใหญ่ที่สุดในโลกและเป็นอุตสาหกรรมที่ทำรายได้คิด 1 ใน 10 อันดับแรกของประเทศไทย ปี ในการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ผู้ผลิตต้องทำการทดสอบคุณภาพของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ทุกตัวก่อนที่จะส่งออกไปจำหน่าย ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จึงเป็นกระบวนการที่สำคัญเนื่องจากถ้าฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ผลิตไม่มีคุณภาพตามคุณลักษณะที่กำหนดจะส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นของลูกค้าที่ใช้ผลิตภัณฑ์ เพราะฉะนั้น ถ้ามีปัญหาใดๆ เกิดขึ้นในขั้นตอนวิธีการตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์บริษัทผู้ผลิตจะให้ความสำคัญเร่งด่วนในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว

เม็ดโม่ที่ติดเข้าไปอยู่ในสล๊อตของอะแดปเตอร์การ์ดมีผลเสียหายเกิดขึ้นกับการเชื่อมประสานระหว่างฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่นำมาทดสอบฟังก์ชันต่างๆ กับเครื่องทดสอบภายในตู้ทดสอบ เม็ดโม่เหล่านี้หลุดออกมาจากกล่องโม่ที่บรรจุฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพื่อป้องกันไฟฟ้าสถิตขณะขนย้ายฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มาทดสอบฟังก์ชันการทำงาน โดยทั่วไป เจ้าหน้าที่ต้องตรวจสอบเม็ดโม่ทุกช่องสล๊อตของอะแดปเตอร์การ์ดภายในตู้ทดสอบทุกครั้งด้วยสายตาก่อนที่จะนำฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ผลิตขึ้นมาทดสอบคุณภาพ ในการตรวจสอบเม็ดโม่โดยการใช้สายตาของเจ้าหน้าที่ เริ่มต้นด้วยการใช้ไฟฉายส่องไปยังสล๊อตของอะแดปเตอร์การ์ดพร้อมใช้สายตาคูสภาพความสมบูรณ์ของอะแดปเตอร์การ์ดทุกเซลล์ ถ้าเซลล์ใดมีเม็ดโม่ติดอยู่ เจ้าหน้าที่จะนำเม็ดโม่ออกมา แต่ละตู้ทดสอบเจ้าหน้าที่จะทำงานติดต่อกันยาวนาน อาจทำให้เกิดความผิดพลาดของการตรวจสอบเม็ดโม่บ่อยครั้งอันเนื่องมาจากความเมื่อยล้าทางสายตา คณะผู้วิจัย จึงมีแนวคิดและนำเสนอขั้นตอนวิธีการแก้ไขข้อผิดพลาดตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นด้วยการตรวจสอบเม็ดโม่จากภาพดิจิทัลของอะแดปเตอร์การ์ดแบบอัตโนมัติบนการใช้หลากหลายผลงานวิจัยที่ผ่านมาดังนี้

ชิมและคณะ [1] นำเสนอวิธีการตรวจสอบรอยแตกในโครงสร้างด้วยการปรับปรุงความคมชัดของภาพและแปลงภาพนี้เป็นภาพระดับเทา ต่อมาทำภาพให้เรียบโดยการใช้วงจรถองใบลาเทอร์อล จากนั้นลดสัญญาณรบกวนด้วยการใช้กระบวนการโคชซิงที่ออฟแฮทและแยกพื้นหลังภาพด้วยการใช้วิธีโอซีเพื่อระบุ

รอยแตกของโครงสร้างได้ชัดเจนขึ้น การ์มาและคณะ [3] นำเสนอวิธีใหม่ของการจับคู่ภาพลายนิ้วมือบนพื้นฐานเทคนิคสหสัมพันธ์ข้ามออร์เมทัลไลซ์ แม้ว่าภาพลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำ

วิธีนี้ยังสามารถจับคู่ภาพลายนิ้วมือได้เป็นอย่างดี ลุยฮัวและคณะ [4] เสนอขั้นตอนและวิธีการอธิบายปรากฏการณ์ที่ภาพเซลล์ซ้อนทับกันที่พบในภาพเซลล์เม็ดเลือดขาวของหนูชนิด Macrophages โดยเริ่มต้นด้วยการแบ่งรูปภาพตามวิธีโอซี ต่อมาทำการประมวลผลภาพด้วยองค์ประกอบโครงสร้างเพื่อกำจัดสิ่งรบกวน จากนั้นใช้วิธีเวเตอร์เซส ตามระยะทางที่เปลี่ยนเป็นการดำเนินการเพื่อแบ่งส่วนภาพ ผลที่ได้สามารถแสดงการแบ่งกลุ่มภาพเซลล์เม็ดเลือดขาวของหนูชนิด Macrophages ได้ อัจมาลและคณะ [2] นำเสนอวิธีการตรวจสอบและการจำแนกประเภทของยานพาหนะด้วยการประมวลผลภาพผ่านกล้องถ่ายภาพทางอากาศ โดยกระบวนการตรวจสอบดังกล่าว เริ่มต้นด้วยการหาขอบโดยการใช้ตัวดำเนินการโซเบลและกำหนดค่าขีดแบ่งเพื่อแปลงเป็นภาพไบนารี ต่อมาทำการประมวลผลภาพด้วยองค์ประกอบโครงสร้างเพื่อลดสัญญาณรบกวน จากนั้นแยกประเภทยานพาหนะได้ถูกต้องอยู่ในอัตราความสำเร็จมากกว่า 85%

คณะผู้วิจัยได้นำเสนอขั้นตอนและวิธีการตรวจสอบเม็ดโม่ที่ติดอยู่ในอะแดปเตอร์การ์ด โดยใช้เทคนิคในการประมวลผลภาพที่ประกอบด้วย การแปลงภาพสีเป็นภาพระดับเทา [7] การเลือกบริเวณที่น่าสนใจด้วยวิธีการสหสัมพันธ์ข้ามออร์เมทัลไลซ์ [2] การปรับปรุงกำลังภาพด้วยวิธีแอลทูนอร์ม การแปลงภาพระดับเทาเป็นภาพไบนารีโดยวิธีโอซี [5] กระบวนการลบด้วยต้นฉบับภาพอะแดปเตอร์การ์ด การจำแนกเม็ดโม่วิธีตัดสินใจและเชื่อมต่อพิกเซลวัตถุที่ติดต่อกัน [6] การกรองสัญญาณรบกวนโดยวิธีวิธีการประมวลผลภาพด้วยองค์ประกอบโครงสร้าง [10] และทำการวัดประสิทธิภาพในการตรวจสอบเม็ดโม่

## 2. ขั้นตอนวิธีการ

ในการตรวจหาเม็ดโม่ที่ติดอยู่ในอะแดปเตอร์การ์ด คณะผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ 3 ขั้นตอน คือ การสร้างต้นฉบับภาพอะแดปเตอร์การ์ด การเตรียมข้อมูลภาพเบื้องต้น และการตรวจหาเม็ดโม่ โดยมีรายละเอียดการทำงานแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้ [8, 9]

## 2.1 ขั้นตอนการสร้างต้นฉบับภาพอะแดปเตอร์การ์ด

ในขั้นตอนการสร้างต้นฉบับภาพอะแดปเตอร์การ์ด ดังรูปที่ 1 เริ่มต้นจากการแปลงภาพสีที่ไม่มีเม็ดโพลีขนาดเท่ากับ 1536x2048 พิกเซล<sup>2</sup> จำนวน 65 ภาพ เป็นภาพระดับเทาโดยแยกระดับสีแต่ละพิกเซลออกจากกันในรูปแบบสี RGB ต่อมานำค่าสี RGB มาคำนวณหาค่าระดับเทา และนำค่าที่ได้ไปแทนที่จุดพิกเซลเดิม สามารถหาค่าระดับเทาได้ว่า

$$Y = 0.2989R + 0.5870G + 0.1140B \quad (1)$$

โดยที่  $Y, R, G$  และ  $B$  คือเลขจำนวนเต็มระหว่าง 0 ถึง 255 ที่ให้ค่าระดับเทา ค่าระดับแดง ค่าระดับเขียว และค่าระดับน้ำเงินตามลำดับ

ต่อมาเลือกบริเวณที่น่าสนใจจากภาพระดับเทาที่ได้รับเฉพาะบริเวณอะแดปเตอร์การ์ดขนาด 102x700 พิกเซล<sup>2</sup> ด้วยการใช้วิธีการสหสัมพันธ์ข้ามคอร์เรลชัน ซึ่งนิยามว่า

$$\gamma(u, v) = \frac{\sum_{x,y} [f(x, y) - \mu_f][t(x-u, y-v) - \mu_t]}{\sqrt{\sum_{x,y} [f(x, y) - \mu_f]^2 \sum_{x,y} [t(x-u, y-v) - \mu_t]^2}} \quad (2)$$

จากสมการ (2)  $\gamma(u, v)$  คือค่าสหสัมพันธ์ข้ามคอร์เรลชันระหว่างภาพ  $f$  กับภาพ  $t$  ที่พิกัด  $(u, v)$  ส่วน  $f(x, y)$  และ  $t(x, y)$  คือค่าระดับเทาของภาพ  $f$  และ  $t$  ที่พิกัด  $(x, y)$  ในขณะที่  $\mu_f$  และ  $\mu_t$  คือค่าเฉลี่ยระดับเทาของภาพทดสอบ (ภาพ  $f$ ) และค่าเฉลี่ยระดับเทาของภาพต้นฉบับอะแดปเตอร์การ์ด (ภาพ  $t$ ) ตามลำดับ

ต่อจากนั้นนำภาพผลลัพธ์ที่ได้รับทั้ง 65 ภาพ ทำการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตเพื่อสร้างเป็นต้นฉบับภาพอะแดปเตอร์การ์ด และได้ภาพตัวอย่างผลลัพธ์ดังรูปที่ 2 เมื่อได้ต้นฉบับภาพอะแดปเตอร์การ์ดแล้วทำการปรับปรุงกำลังภาพด้วยวิธีแอลทูนอร์ม ซึ่งเป็นการทำให้ค่าระดับกำลังของภาพที่สนใจกับภาพต้นฉบับให้อยู่ในระดับเดียวกันพร้อมทั้งนำภาพผลลัพธ์ที่ได้รับมาทำการแปลงภาพระดับเทาให้เป็นภาพไบนารีด้วยวิธีโอซี ซึ่งเป็นการกำหนดค่าขีดแบ่งของภาพ ณ ตำแหน่งที่ทำให้ค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม สองกลุ่มมากที่สุด



รูปที่ 2 ต้นฉบับภาพอะแดปเตอร์การ์ด

## 2.2 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลภาพเบื้องต้น

ในขั้นตอนการเตรียมข้อมูลภาพเบื้องต้น ดังรูปที่ 1 เป็นกระบวนการที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ใช้ทดสอบเพื่อลดความซับซ้อนในการประมวลผลภาพ เริ่มต้นจากนำภาพสีอะแดปเตอร์การ์ดที่มีขนาด 1536x2048 พิกเซล<sup>2</sup> จำนวน 265 ภาพ (ไม่มีเม็ดโพลีจำนวน 65 ภาพ และมีเม็ดโพลี 200 ภาพ) มาแปลงเป็นภาพระดับเทา ต่อมานำต้นฉบับภาพอะแดปเตอร์การ์ดที่ได้รับในขั้นตอนที่ 1 มาหาบริเวณที่น่าสนใจของภาพอะแดปเตอร์การ์ดที่นำมาตรวจสอบ ด้วยวิธีการสหสัมพันธ์ข้ามคอร์เรลชัน ตัวอย่างผลลัพธ์บริเวณที่น่าสนใจของภาพอะแดปเตอร์การ์ดที่ไม่มีเม็ดโพลีดังในรูปที่ 3 (ก) และภาพอะแดปเตอร์การ์ดที่มีเม็ดโพลีดังในรูปที่ 3 (ข)

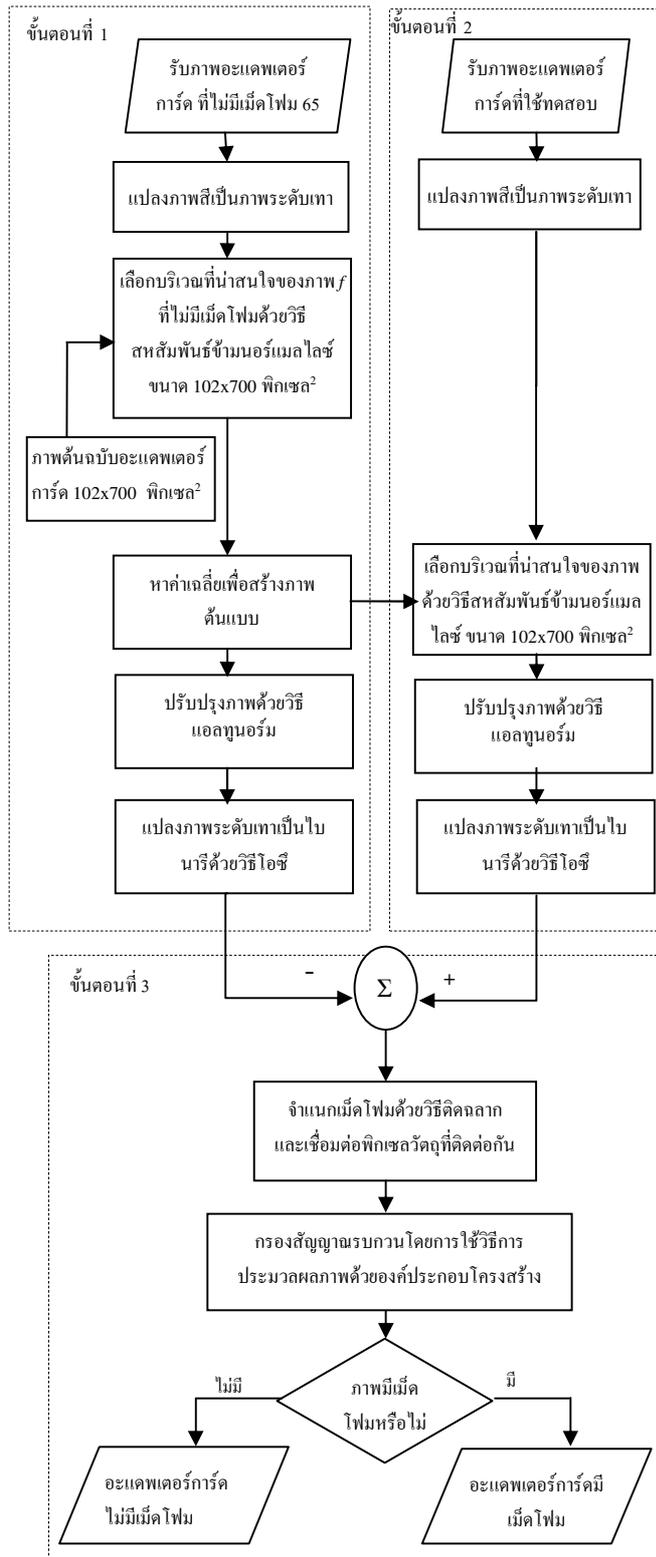


(ก)



(ข)

รูปที่ 3 ตัวอย่างบริเวณที่น่าสนใจของภาพอะแดปเตอร์การ์ด กรณี (ก) ไม่มีเม็ดโพลี (ข) ที่มีเม็ดโพลี



รูปที่ 1 ลำดับขั้นตอนการตรวจหาเม็ดโพลีไมด์ในอะแดปเตอร์การ์ด

จากนั้น ได้ดำเนินการปรับปรุงกำลังของภาพด้วยการปรับค่าแอลทูนอร์มของภาพอะแดปเตอร์การ์ดให้มีค่าเท่ากันทั้งหมด 265 ภาพ ตัวอย่างผลลัพธ์การปรับปรุงกำลังของภาพอะแดปเตอร์การ์ดที่ไม่มีเม็ดโพลีไมด์ดังรูปที่ 4 (ก) และภาพอะแดปเตอร์การ์ดที่มีเม็ดโพลีไมด์ดังรูปที่ 4(ข) รวมทั้งนำภาพอะแดปเตอร์การ์ดที่ได้รับมาแปลงภาพเป็นภาพไบนารีด้วยวิธีโอซี ตัวอย่างผลลัพธ์ภาพไบนารีที่ไม่มีเม็ดโพลีไมด์ดังรูปที่ 5 (ก) และภาพไบนารีที่มีเม็ดโพลีไมด์ดังรูปที่ 5(ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 4 ตัวอย่างการปรับปรุงกำลังของภาพอะแดปเตอร์การ์ด กรณี (ก) ไม่มีเม็ดโพลีไมด์ (ข) มีเม็ดโพลีไมด์



(ก)



(ข)

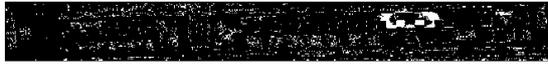
รูปที่ 5 ตัวอย่างภาพไบนารี ที่ได้รับจากภาพอะแดปเตอร์การ์ด กรณี (ก) ไม่มีเม็ดโพลีไมด์ (ข) มีเม็ดโพลีไมด์

### 2.3 ขั้นตอนการตรวจหาเม็ดโพลีไมด์

ในขั้นตอนการตรวจหาเม็ดโพลีไมด์ในภาพอะแดปเตอร์การ์ด เริ่มด้วยการนำภาพไบนารีของอะแดปเตอร์การ์ดที่ตรวจสอบมาลบออกจากภาพไบนารีของคั่นแบบของอะแดปเตอร์การ์ด จะได้ตัวอย่างผลลัพธ์การลบระหว่างภาพคั่นแบบกับภาพทดสอบของอะแดปเตอร์การ์ดที่ไม่มีเม็ดโพลีไมด์ดังในรูปที่ 6 (ก) และที่มีเม็ดโพลีไมด์ดังในรูปที่ 6 (ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 6 ตัวอย่างผลลัพธ์การลบค่านับกับภาพอะแดพเตอร์การ์ด

(ก) ไม่มีเมล็ดโพม (ข) มีเมล็ดโพม

ต่อมา ทำการเก็บค่าพิกเซลที่มีสีขาวที่อยู่ติดกันด้วยการเลือกจำนวนพิกเซลที่เชื่อมติดกัน เพื่อระบุตำแหน่งของโพมภายในภาพที่ได้รับด้วยวิธีติดฉลากและเชื่อมต่อพิกเซลวัตถุที่ติดต่อกัน จะได้ตัวอย่างผลลัพธ์การติดฉลากและเชื่อมต่อพิกเซลโพมที่ติดต่อกันของอะแดพเตอร์การ์ดที่ไม่มีเมล็ดโพมดังรูปที่ 7 (ก) และที่มีเมล็ดโพมดังรูปที่ 7 (ข) ภาพผลลัพธ์ที่ได้รับจากขั้นตอนข้างต้นยังมีส่วนที่มีไร่เมล็ดโพม ซึ่งมีผลทำให้การตรวจหาเมล็ดโพมจะไม่สามารถระบุตำแหน่งได้ชัดเจน จึงจำเป็นต้องทำการกรองส่วนที่มีไร่เมล็ดโพมเหล่านี้ออกก่อนที่จะเริ่มกระบวนการตรวจหาเมล็ดโพม ในที่นี้ การกรองสัญญาณรบกวนจะใช้การประมวลผลภาพด้วยองค์ประกอบโครงสร้างชนิดรูปแบบการเปิด ซึ่งมีนิยามว่า

$$A \circ B = (A \square B) \oplus B \quad (3)$$

โดยที่  $A$  และ  $B$  คือภาพที่ต้องการเปลี่ยนรูปแบบเปิด และองค์ประกอบโครงสร้าง ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า กระบวนการเปลี่ยนรูปแบบเปิด จะทำการกัดกร่อนวัตถุขนาดเล็ก ( $\square$ ) เพื่อกรองส่วนที่มีไร่เมล็ดโพมออกไป จากนั้นทำการขยายวัตถุ ( $\oplus$ ) ของเมล็ดโพมในภาพให้ชัดเจน ตัวอย่างผลลัพธ์การกรองสัญญาณรบกวนภายในภาพอะแดพเตอร์การ์ดที่ไม่มีเมล็ดโพมดังรูปที่ 8 (ก) และที่มีเมล็ดโพมดังรูปที่ 8 (ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 7 ตัวอย่างภาพที่ได้รับจากวิธีติดฉลากและเชื่อมต่อพิกเซลโพมติดต่อกันภายในภาพอะแดพเตอร์การ์ด กรณี

(ก) ไม่มีเมล็ดโพม (ข) มีเมล็ดโพม



(ก)



(ข)

รูปที่ 8 ตัวอย่างการกรองสัญญาณรบกวนภายในภาพอะแดพเตอร์การ์ด

(ก) ไม่มีเมล็ดโพม (ข) ที่มีเมล็ดโพม

ในการตัดสินใจว่าภาพที่นำมาตรวจสอบว่ามีเมล็ดโพมหรือไม่ จะขึ้นอยู่กับค่าขีดแบ่งในตัดสินใจ ซึ่งมีนิยามว่า

$$\text{ค่าขีดแบ่ง} = \frac{MaxG + MinB}{2} \quad (4)$$

โดยที่  $MaxG$  คือค่าสูงสุดของจำนวนพิกเซลสีขาวภายในกลุ่มภาพอะแดพเตอร์การ์ดที่ไม่มีเมล็ดโพม และ  $MinB$  คือค่าต่ำสุดของจำนวนพิกเซลสีขาวภายในกลุ่มภาพอะแดพเตอร์การ์ดที่มีเมล็ดโพม ในกรณีภาพอะแดพเตอร์การ์ดที่ไม่มีเมล็ดโพม จำนวนพิกเซลสีขาวจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่ง ในทางตรงกันข้าม ถ้าจำนวนพิกเซลสีขาวมีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่ง ภาพอะแดพเตอร์การ์ดที่นำมาทดสอบจะมีเมล็ดโพม สำหรับการวัดประสิทธิภาพในการตรวจหาเมล็ดโพม สามารถประเมินได้จากค่าความไว ค่าความจำเพาะ ค่าความแม่นยำ และค่าความถูกต้อง

ค่าความไว คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนภาพอะแดพเตอร์การ์ดที่ไม่มีเมล็ดโพมซึ่งถูกตรวจสอบได้ถูกต้องกับผลรวมของจำนวนภาพ อะแดพเตอร์การ์ดที่ไม่มีเมล็ดโพมทั้งหมด ซึ่งมีนิยามว่า

$$\text{ค่าความไว} (\%) = \frac{TT}{TT + TF} \times 100 \quad (5)$$

โดยที่  $TT$  และ  $TF$  คือจำนวนภาพที่ไม่มีเม็ดโคมซึ่งตรวจสอบว่าถูกต้อง และจำนวนภาพที่ไม่มีเม็ดโคมซึ่งตรวจสอบว่าไม่ถูกต้อง ตามลำดับ

ค่าความจำเพาะ คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนภาพอะแดพเตอร์การ์ดที่มีเม็ดโคม ซึ่งได้ตรวจสอบว่าถูกต้อง กับ ผลรวมของจำนวนภาพอะแดพเตอร์การ์ดที่มีเม็ดโคมทั้งหมด โดยมีนิยามว่า

$$\text{ค่าความจำเพาะ (\%)} = \frac{FF}{FF + FT} \times 100 \quad (6)$$

โดยที่  $FF$  และ  $FT$  คือจำนวนภาพที่มีเม็ดโคมซึ่งตรวจสอบว่าถูกต้อง และจำนวนภาพที่มีเม็ดโคมซึ่งตรวจสอบว่าไม่ถูกต้อง ตามลำดับ

ค่าความแม่นยำ คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนภาพอะแดพเตอร์การ์ดที่ไม่มีเม็ดโคมซึ่งได้ตรวจสอบว่าถูกต้องกับผลรวมของจำนวนภาพ อะแดพเตอร์การ์ดซึ่งถูกตรวจสอบว่าเป็นภาพที่ไม่มีเม็ดโคมซึ่งมีนิยามว่า

$$\text{ค่าความแม่นยำ (\%)} = \frac{TT}{TT + FT} \times 100 \quad (7)$$

ค่าความถูกต้อง คือ อัตราส่วนของจำนวนภาพอะแดพเตอร์การ์ดที่ไม่มีเม็ดโคมและมีเม็ดโคมซึ่งถูกตรวจสอบว่าถูกต้องกับจำนวนภาพอะแดพเตอร์การ์ดที่นำมาตรวจสอบทั้งหมด โดยมีนิยามว่า

$$\text{ค่าความถูกต้อง (\%)} = \frac{TT + FF}{TT + FF + TF + FT} \times 100 \quad (8)$$

### 3. ผลการทดลอง

เพื่อหาประสิทธิภาพขั้นตอนในการตรวจหาเม็ดโคมด้วยการใช้ช่องค้ประกอบโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสร่วมกับวิธีติดฉลากและเชื่อมต่อพิกเซลวัตถุที่ติดต่อกันตามที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2 ได้เริ่มตรวจหาจากภาพอะแดพเตอร์การ์ดจำนวน 265 ภาพ ซึ่งแบ่งออกเป็นภาพที่ไม่มีเม็ดโคมจำนวน 65 ภาพ และภาพที่มีเม็ดโคมจำนวน 200 ภาพ ด้วยการใช้อุปกรณ์ประกอบโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด  $2 \times 2$  พิกเซล<sup>2</sup>,  $3 \times 3$  พิกเซล<sup>2</sup>,

$4 \times 4$  พิกเซล<sup>2</sup>,  $5 \times 5$  พิกเซล<sup>2</sup> และ  $6 \times 6$  พิกเซล<sup>2</sup> รวม 5 กรณีโดยแต่ละกรณีจะทำการติดฉลากและเชื่อมต่อพิกเซลวัตถุที่ติดต่อกันมากกว่า 5 พิกเซล เพิ่มขึ้นทีละ 5 พิกเซล จนถึงมากกว่า 65 พิกเซล จากผลการทดสอบประสิทธิภาพในการตรวจสอบเม็ดโคมเมื่อใช้อุปกรณ์ประกอบโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด  $2 \times 2$  พิกเซล<sup>2</sup>,  $3 \times 3$  พิกเซล<sup>2</sup>,  $4 \times 4$  พิกเซล<sup>2</sup>,  $5 \times 5$  พิกเซล<sup>2</sup> และ  $6 \times 6$  พิกเซล<sup>2</sup> ทั้ง 5 กรณี ดังแสดงไว้ตารางที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ จะเห็นว่า ในกรณี  $2 \times 2$  พิกเซล<sup>2</sup> ขนาดพิกเซลที่เชื่อมติดต่อกันเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความถูกต้องเพิ่มขึ้น แต่ในกรณี  $5 \times 5$  พิกเซล<sup>2</sup> และ  $6 \times 6$  พิกเซล<sup>2</sup> ขนาดพิกเซลที่เชื่อมติดต่อกันเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความถูกต้องคงที่

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพในการตรวจสอบเม็ดโคม เมื่อใช้อุปกรณ์ประกอบโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด  $2 \times 2$  พิกเซล<sup>2</sup>

ขนาดพิกเซลที่เชื่อมติดต่อกัน	ค่าขีดแบ่ง	ค่าความไว	ค่าความจำเพาะ	ค่าความแม่นยำ	ค่าความถูกต้อง
มากกว่า		(%)	(%)	(%)	(%)
5	1954.00	98.46	6.50	25.50	29.06
10	1765.50	98.46	6.50	25.50	29.06
15	1578.00	98.46	7.50	25.70	29.81
20	1466.50	98.46	10.00	26.23	31.70
25	1346.50	98.46	13.50	27.00	34.34
30	1278.50	98.46	14.50	27.23	35.09
35	1164.00	98.46	23.50	29.49	41.89
40	1148.00	98.46	23.50	29.49	41.89
45	1093.50	98.46	26.50	30.33	44.15
50	1065.00	98.46	28.50	30.92	45.66
55	1065.00	98.46	27.00	30.48	44.53
60	1014.50	98.46	32.00	32.00	48.30
65	1014.50	98.46	30.00	31.37	46.79

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพในการตรวจสอบเม็ดโคม เมื่อใช้อุปกรณ์ประกอบโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด  $3 \times 3$  พิกเซล<sup>2</sup>

ขนาดพิกเซลที่เชื่อมติดต่อกัน	ค่าขีดแบ่ง	ค่าความไว	ค่าความจำเพาะ	ค่าความแม่นยำ	ค่าความถูกต้อง
มากกว่า		(%)	(%)	(%)	(%)
5	471.00	98.46	88.00	72.73	90.57
10	461.00	98.46	88.50	73.56	90.94
15	453.50	98.46	88.50	73.56	90.94
20	450.50	98.46	88.50	73.56	90.94
25	437.00	98.46	88.50	73.56	90.94
30	411.00	98.46	89.50	75.29	91.70
35	381.50	98.46	91.00	78.05	92.83
40	381.50	98.46	91.00	78.05	92.83
45	371.00	98.46	91.00	78.05	92.83
50	371.00	98.46	91.00	78.05	92.83
55	371.00	98.46	91.00	78.05	92.83
60	359.00	98.46	91.00	78.05	92.83
65	359.00	98.46	91.00	78.05	92.83

**ตารางที่ 3** ประสิทธิภาพในการตรวจสอบเม็ดโฟม เมื่อใช้องค์ประกอบ โครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 4x4 พิกเซล<sup>2</sup>

ขนาดพิกเซลที่ เชื่อมติดคือ มากกว่า	ค่าขีดแบ่ง	ค่าความไว (%)	ค่าความจำเพาะ (%)	ค่าความแม่นยำ (%)	ค่าความถูกต้อง (%)
5	123.50	98.46	95.00	86.49	95.85
10	119.50	98.46	95.00	86.49	95.85
15	115.50	98.46	95.50	87.67	96.23
20	115.50	98.46	95.50	87.67	96.23
25	111.50	98.46	96.00	88.89	96.60
30	111.50	98.46	96.00	88.89	96.60
35	111.50	98.46	96.00	88.89	96.60
40	111.50	98.46	96.00	88.89	96.60
45	111.50	98.46	96.00	88.89	96.60
50	111.50	98.46	96.00	88.89	96.60
55	111.50	98.46	96.00	88.89	96.60
60	111.50	98.46	96.00	88.89	96.60
65	111.50	98.46	96.00	88.89	96.60

**ตารางที่ 4** ประสิทธิภาพในการตรวจสอบเม็ดโฟม เมื่อใช้องค์ประกอบ โครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5x5 พิกเซล<sup>2</sup>

ขนาดพิกเซลที่ เชื่อมติดคือ มากกว่า	ค่าขีดแบ่ง	ค่าความไว (%)	ค่าความจำเพาะ (%)	ค่าความแม่นยำ (%)	ค่าความถูกต้อง (%)
5	22.50	98.46	96.00	88.89	96.60
10	22.50	98.46	96.00	88.89	96.60
15	22.50	98.46	96.00	88.89	96.60
20	22.50	98.46	96.00	88.89	96.60
25	22.50	98.46	96.00	88.89	96.60
30	22.50	98.46	96.00	88.89	96.60
35	22.50	98.46	96.00	88.89	96.60
40	22.50	98.46	96.00	88.89	96.60
45	22.50	98.46	96.00	88.89	96.60
50	22.50	98.46	96.00	88.89	96.60
55	22.50	98.46	96.00	88.89	96.60
60	22.50	98.46	96.00	88.89	96.60
65	22.50	98.46	96.00	88.89	96.60

**ตารางที่ 5** ประสิทธิภาพในการตรวจสอบเม็ดโฟม เมื่อใช้องค์ประกอบ โครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 6x6 พิกเซล<sup>2</sup>

ขนาดพิกเซลที่ เชื่อมติดคือ มากกว่า	ค่าขีดแบ่ง	ค่าความไว (%)	ค่าความจำเพาะ (%)	ค่าความแม่นยำ (%)	ค่าความถูกต้อง (%)
5	0.00	100.00	93.00	82.28	94.72
10	0.00	100.00	93.00	82.28	94.72
15	0.00	100.00	93.00	82.28	94.72
20	0.00	100.00	93.00	82.28	94.72
25	0.00	100.00	93.00	82.28	94.72
30	0.00	100.00	93.00	82.28	94.72
35	0.00	100.00	93.00	82.28	94.72
40	0.00	100.00	93.00	82.28	94.72
45	0.00	100.00	93.00	82.28	94.72
50	0.00	100.00	93.00	82.28	94.72
55	0.00	100.00	93.00	82.28	94.72
60	0.00	100.00	93.00	82.28	94.72
65	0.00	100.00	93.00	82.28	94.72

#### 4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองตามตารางที่ 1 – 5 สำหรับการตรวจหาเม็ดโฟมด้วยการใช้วิธีตัดสินลากและเชื่อมต่อพิกเซลวัตถุที่ติดต่อกันร่วมกับใช้องค์ประกอบโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 2x2, 3x3, 4x4, 5x5 และ 6x6 พิกเซล<sup>2</sup> กับกลุ่มข้อมูลอะแดพเตอร์ จำนวน 265 ภาพ พบว่า

ค่าขีดแบ่งลดลงเมื่อองค์ประกอบโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีขนาดเพิ่มขึ้น

ค่าความไวคงที่ 98.46% เมื่อเลือกใช้ขนาดขององค์ประกอบโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเท่ากับ 2x2, 3x3, 4x4 และ 5x5 พิกเซล<sup>2</sup> และค่าความไวเท่ากับ 100% เมื่อเลือกขนาดขององค์ประกอบโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเท่ากับ 6x6 พิกเซล<sup>2</sup>

ค่าความถูกต้องเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 29.06% ถึง 96.60% เมื่อได้ใช้องค์ประกอบโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีขนาดเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 2x2 ถึง 5x5 พิกเซล<sup>2</sup> แต่เมื่อเลือกใช้ขนาดขององค์ประกอบโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเท่ากับ 6x6 พิกเซล<sup>2</sup> ค่าความถูกต้องลดลงเป็น 94.72%

ค่าความจำเพาะเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 6.5% ถึง 96% เมื่อองค์ประกอบโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีขนาดเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 2x2 พิกเซล<sup>2</sup> ถึง 5x5 พิกเซล<sup>2</sup> แต่เมื่อเลือกขนาดขององค์ประกอบโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเท่ากับ 6x6 พิกเซล<sup>2</sup> ค่าความจำเพาะลดลงเป็น 93%

ค่าความแม่นยำเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 25.50% ถึง 88.89% เมื่อได้ใช้องค์ประกอบโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีขนาดเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 2x2 ถึง 5x5 พิกเซล<sup>2</sup> แต่เมื่อเลือกใช้ขนาดขององค์ประกอบโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเท่ากับ 6x6 พิกเซล<sup>2</sup> ค่าความแม่นยำลดลงเป็น 82.28%

#### 5. สรุปผลการทดลอง

บทความวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการตรวจหาเม็ดโฟมที่ติดเข้าไปอยู่ภายในสล็อตของอะแดพเตอร์การ์ดผ่านภาพอะแดพเตอร์การ์ดด้วยวิธีตัดสินลากและเชื่อมต่อพิกเซลวัตถุที่ติดต่อกันมากกว่า 5 พิกเซล ถึง 65 พิกเซล ร่วมกับการใช้องค์ประกอบโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 2x2, 3x3, 4x4, 5x5 และ 6x6 พิกเซล<sup>2</sup> จากผลการทดลองกลุ่มภาพจำนวน 265 รูป ที่แบ่ง

ออกเป็นกลุ่มภาพที่ไม่มีเม็ดโพลี จำนวน 65 ภาพ และภาพที่มีเม็ดโพลีจำนวน 200 ภาพ จะพบว่า วิธีการที่พัฒนาขึ้นให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุดในการตรวจหาเม็ดโพลี คือ เลือก จำนวนพิกเซลวัตถุ (เม็ดโพลี) ที่เชื่อมติดกันที่ตำแหน่งมากกว่า 25 พิกเซล ร่วมกับเลือกใช้ช่องคั่นประกอบโครงสร้างขนาด 4x4 พิกเซล<sup>2</sup> ซึ่งให้ค่าความไวร้อยละ 98.46 ค่าความถูกต้องร้อยละ 96.60 ค่าความจำเพาะร้อยละ 96.00 และค่าความแม่นยำ 88.89

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมการตรวจหาเม็ดโพลีติดเข้าไปอยู่ภายในสล็อตของอะแดปเตอร์การ์ดผ่านภาพอะแดปเตอร์การ์ดแบบอัตโนมัติให้ตรงกับความต้องการผู้ใช้งานของบริษัท อิตาซีโกลบอลสตอเรจเทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด เมื่อผู้ประกอบการได้ทดลองใช้โปรแกรมนี้แล้ว ได้มีข้อเสนอแนะให้ผู้วิจัยควรพัฒนาโปรแกรมต่อเนื่องเพื่อให้ได้ผลความแม่นยำมากขึ้น

## 6. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้ ได้รับทุนสนับสนุนจาก ศูนย์วิจัยร่วมเฉพาะทางด้านส่วนประกอบฮาร์ดแวร์อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และขอขอบคุณ บริษัท อิตาซีโกลบอลสตอเรจเทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและให้คำปรึกษาในงานวิจัยนี้

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Sim, K. S., Kho, Y. Y., & Tso, C. P. (2008, 9-10 Sept. 2008). Application of Contrast Enhancement Bilateral Closing Top-hat Otsu Thresholding (CEBICTOT) technique on crack images. Paper presented at the Cybernetic Intelligent Systems, 2008. CIS 2008. 7th IEEE International Conference on.
- [2] Ajmal, A., & Hussain, I. M. (2-4 March 2010). Vehicle detection using morphological image processing technique. Paper presented at the Multimedia Computing and Information Technology (MCIT), 2010 International Conference on.
- [3] Karna, D. K., Agarwal, S., & Shankar, N. (2008, 26-28 Aug. 2008). Normalized Cross-Correlation Based Fingerprint Matching. Paper presented at the Computer Graphics, Imaging and Visualisation, 2008. CGIV '08. Fifth International Conference on.
- [4] Ruihua, X., Ping, W., Wu, Z., & Qi, X. (2009, 11-12 April 2009). A novel overlapping mice macrophages images segmentation

method. Paper presented at the Image Analysis and Signal Processing, 2009. IASP 2009. International Conference on.

- [5] Otsu, N. (1979). A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, 9(1), 62-66.
- [6] Feng, Z., Shunyong, Z., & Wenling, X. (1-2 Aug. 2010). A line labeling and region growing based algorithm for binary image connected component labeling. Paper presented at the Circuits, Communications and System (PACCS), 2010 Second Pacific-Asia Conference on.
- [7] Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2002). Digital image processing. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.
- [8] Sonka, M., Hlavac, V., & Boyle, R. (2008). Image processing, analysis, and machine vision. Toronto: Thompson Learning.
- [9] McAndrew, A. (2004). Introduction to digital image processing with Matlab. Boston, Mass.: Thomson/Course Technology.
- [10] Soille, P. (2003). Morphological image analysis : principles and applications. Berlin; New York: Springer.

## 8. ประวัติผู้เขียนบทความ

นายบวร ตั้งดี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท (วศ.ม. ไฟฟ้า) จากมหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2555

รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล มณีสว่าง สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท และเอกจากมหาวิทยาลัยนิวเซาท์เวลส์ในปี พ.ศ. 2542 และมหาวิทยาลัยซิดนีย์ ประเทศออสเตรเลีย ในปี พ.ศ. 2545 ตามลำดับ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ เข้มมั่น สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทและเอกจากมหาวิทยาลัยเวเนซุเอลา ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2541 และ พ.ศ. 2544 ตามลำดับ