

# การอ่านคำรหัสแถบ 2 มิติ จากภาพวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่

## Reading of a 2D Barcode Attached on a Moving Object

<sup>1</sup>สรินย์ นาคณอม และ <sup>2</sup>สมศักดิ์ ชุมช่วย

<sup>1</sup>วิทยาลัยร่วมด้านเทคโนโลยีการบันทึกข้อมูลและการประยุกต์ใช้งาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10520 E-mail: n\_sarun@hotmail.com

<sup>2</sup>ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10520 E-mail: kchsomsa@kmitl.ac.th

### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเทคนิคการอ่านคำรหัสแถบ 2 มิติ บนชิ้นงานที่กำลังเคลื่อนที่ โดยปัญหานี้มีความเกี่ยวข้องกันระหว่างการจับภาพและการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งอัตราการจับภาพของกล้อง (เฟรมต่อวินาที) ที่เข้าไป เมื่อเทียบกับความเร็วของการเคลื่อนที่ จะทำให้ภาพที่ได้พร่ามัว นอกจากนี้การพยายามระบุตำแหน่งของข้อมูลรหัสแถบ ก็เป็นขั้นตอนที่สำคัญ การอ่านคำรหัสแถบโดยวิธีการที่นำเสนอสามารถหาตำแหน่งรหัสแถบ และทำการถอดรหัสได้ดี จากการทดลองการอ่านคำรหัสทำได้ อย่างมีประสิทธิภาพ มีความถูกต้อง 98.62 % จากตัวอย่างทดสอบ 520 ตัวอย่าง

คำสำคัญ: รหัสแถบ 2 มิติ, การปรับปรุงคุณภาพของภาพ

### Abstract

This paper proposes a technique for 2-D barcode reading applied to a moving object. The practical problems are not only the blur acquired image but also the identification of barcode data area. The main cause of motion blur is the low camera's frame rate compared to the object's moving speed. Up on the experiment result of 520 samples, we found that our method has shown its competency. 98.62% of read outs are correct. Most failure cases are according to partially acquired images.

**Keywords:** 2D Barcode, Image Enhancement

### 1. บทนำ

เทคโนโลยีรหัสแถบ (Barcode technology) ได้เข้ามาช่วยอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ อาทิ เช่น นำรหัสแถบมาติดกับตัวสินค้าผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อใช้ในการจัดเก็บข้อมูล ชื่อ รหัส และราคาของสินค้าหรือทางด้านการจัดคลังสินค้า ช่วยในการตรวจสอบจำนวนสินค้าคงเหลือ ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ทั้งนี้มีการนำรหัสแถบมาใช้อย่างแพร่หลายและเป็นที่ยอมรับกันมากซึ่งคุณสมบัติที่มีอยู่ของรหัสแถบแบบ 1 มิติ นั้น ยังไม่รองรับความต้องการของผู้ใช้งานได้มากเท่าที่ควร เช่น การบรรจุข้อมูลได้น้อยและการใช้ฐานข้อมูลในการจัดเก็บเป็นต้น ดังนั้นจึงทำให้มีการพัฒนาการอ่านคำรหัสแถบ 2 มิติ ขึ้นมา

### 1.1 รหัสแถบ 1 มิติ (1 Dimension Barcode)

รหัสแถบ 1 มิติ มีลักษณะเป็นแถบประกอบด้วยเส้นสีดำสลับกับสีขาว ใช้แทนรหัสตัวเลขหรือตัวอักษร โดยสามารถบรรจุข้อมูลได้ประมาณ 20 ตัวอักษร การใช้งานรหัสแถบมักใช้ร่วมกับฐานข้อมูลคือเมื่ออ่านรหัสแถบแล้วถอดรหัสแล้วจึงนำรหัสที่ได้ใช้เรียกข้อมูลจากฐานข้อมูล อีกค่อหนึ่ง รหัสแถบ 1 มิติ มีหลายมาตรฐาน เช่น UPC, EAN-13 หรือ ISBN เป็นต้น

### 1.2 รหัสแถบ 2 มิติ (2 Dimension Barcode)

รหัสแถบ 2 มิติ เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาเพิ่มเติมจากรหัสแถบ 1 มิติ โดยออกแบบให้บรรจุข้อมูลได้ทั้งแนวดิ่งและแนวนอน ทำให้สามารถบรรจุข้อมูลได้ประมาณ 4,000 ตัวอักษรหรือประมาณ 200 เท่าของรหัสแถบ 1 มิติ ในพื้นที่เท่ากันหรือเล็กกว่า ข้อมูลที่สามารถบรรจุใช้ภาษาอื่นนอกจากภาษาอังกฤษได้ รหัสแถบ 2 มิติ มีหลายมาตรฐาน เช่น PDF417, MaxiCode, Data Matrix และ QR Code [1]

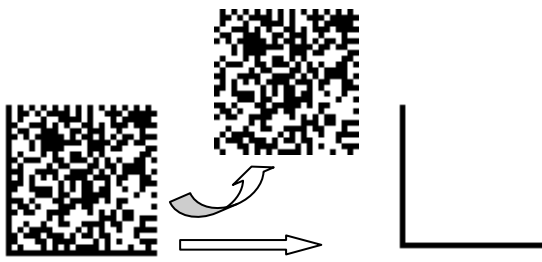
โดยระบบการทำงานปัจจุบันส่วนมาก การตรวจเก็บข้อมูลของโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตนั้นขั้นตอนการผลิตชิ้นงานจะได้รับการบรรจุชิ้นงานจะถูกทำการจับภาพรหัสแถบ 2 มิติ ที่ติดมาเพื่อเก็บข้อมูลชิ้นงาน การติดตามตรวจเทียบในฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบว่าชิ้นงานได้ผ่านขั้นตอนอื่นๆ อย่างครบถ้วนและถูกต้อง ตรวจสอบเพื่อคัดแยกประเภทของชิ้นงานเพื่อการบรรจุภัณฑ์ที่ถูกต้อง ซึ่งขั้นตอนที่กล่าวมานั้นมีปัญหาจากการรบกวนจากตัวแปรต่างๆ จากการจับภาพ เช่น ความไม่คงเส้นคงวา (inconsistency) ของมุมและระยะในการจับภาพทำให้การจับภาพสำเร็จบ้างไม่สำเร็จบ้าง ต้องมีการทำซ้ำ หรืออาจเกิดการจับภาพซ้ำ (double captured) ต่อชิ้นงานเดิมเป็นการเสียเวลาโดยไม่จำเป็น เกิดการจับภาพข้าม (escaped captured) ทำชิ้นงานผ่านไป หรือต้องทำการตรวจสอบใหม่หมด

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการหาตำแหน่ง และอ่านคำ รหัสแถบ 2 มิติ แบบค่าตัวเมตริกซ์ ที่ติดบนวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ซึ่งจะมี 4 ส่วนสำคัญในกระบวนการ ดังนี้ 1) การได้มาของภาพรหัสแถบ 2) การหาตำแหน่งของรหัสแถบด้วยวิธีมอร์โฟโลจิคอล 3) การปรับปรุงภาพรหัสแถบ และ 4) การอ่านคำรหัสแถบ

## 2. รหัสแถบแบบเมตริกซ์ (Matrix Barcode)

### 2.1 รหัสแถบแบบคาค้าเมตริกซ์

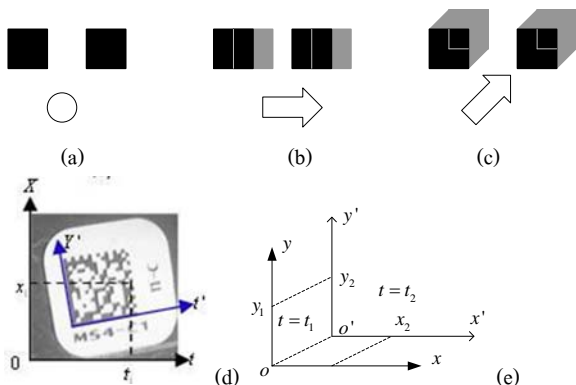
รหัสแถบแบบคาค้าเมตริกซ์ถูกพัฒนาโดยบริษัท RVSI Acuity ciMatrix ประเทศสหรัฐอเมริกาเมื่อปี 2532 สอดคล้องกับมาตรฐาน ISO/IEC 16022 และ ANSI/AIM BC11-ISS-DATA Matrix ลักษณะรหัสแถบมีทั้งภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสและสี่เหลี่ยมผืนผ้า สำหรับ รหัสแถบภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีโมดูลข้อมูลระหว่าง  $10 \times 10$  ถึง  $144 \times 144$  โมดูล และสี่เหลี่ยมผืนผ้ามี  $8 \times 18$  ถึง  $16 \times 48$  โมดูล รหัสแถบแบบคาค้าเมตริกซ์สามารถจุข้อมูลได้มากที่สุด 3,116 ตัวเลข หรือ 2,355 ตัวอักษร แต่สำหรับข้อมูลประเภทอื่นได้แก่ข้อมูลเลขฐานสองบรรจุได้ 1,556 ไบต์ และตัวอักษรภาษาญี่ปุ่นได้ 778 ตัวอักษร ภาพแบบการค้นหายของ รหัสแถบแบบคาค้าเมตริกซ์ อยู่ที่ตำแหน่งขอบด้านซ้ายและด้านล่างของรหัสแถบตามภาพที่ 1(a) รหัสแถบแบบคาค้าเมตริกซ์ ส่วนใหญ่ใช้ในงานที่มีพื้นที่จำกัดและต้องการรหัสแถบขนาดเล็ก



รูปที่ 1 โครงสร้างของรหัสแถบแบบคาค้าเมตริกซ์ ซึ่งประกอบด้วย ส่วนข้อมูล (จุด 2 มิติของหน่วยสี่เหลี่ยม) และ แถบหาตำแหน่ง (ตัว L)

### 2.2 การสูญเสียความคมชัดจากการเคลื่อนที่

การเคลื่อนที่ในแบบต่างๆจะมีผลต่อความคมชัดของภาพ ตำแหน่ง (position) ก็คือ การบอกให้ทราบว่า ภาพหรือสิ่งของที่เรากำลังพิจารณาอยู่ที่ใด เราจะคิดถึงภาพที่มีขนาดเล็กก่อน ซึ่งจะสามารถบอกได้ชัดเจนว่ามีตำแหน่งอยู่ที่ใดโดยเฉพาะบนเส้นตรงหนึ่ง เมื่อเทียบกับจุดอ้างอิง จุดอ้างอิงเป็นปัจจัยจำเป็นเพื่อความชัดเจนอาจจะเป็นจุดศูนย์กลางของ



รูปที่ 2 การเคลื่อนที่ของวัตถุ

- (a) รูปปกติ (b) รูปที่มีการเคลื่อนที่ 1 มิติ (c) รูปที่มีการเคลื่อนที่ 2 มิติ
- (d) รูปรหัสแถบที่เอียงและมีการเคลื่อนที่ทั้ง 2 มิติ และ
- (e) แสดงการเคลื่อนที่ของตำแหน่งต่างๆ จากเวลา  $t_1$  ถึง  $t_2$

โคออร์ดิเนตในพิกัด  $xy$  เนื่องจากเราจะใช้เฉพาะแกน  $x$  และอาจบอก ว่าภาพของเราอยู่ ที่ตำแหน่ง  $x = x_0$  ที่เวลา  $t_1$  อันหมายถึง ภาพอยู่ที่

ระยะทาง  $x_1$  จากจุด  $O$  (จุดอ้างอิง) ที่เวลาดังกล่าว ถ้าเลื่อนไปอยู่ที่  $x_2$  ที่เวลา  $t_2$  แสดงว่า รูปได้มีการเคลื่อนที่ไประหว่างเวลา  $t_1$  และ  $t_2$  ตำแหน่งทั้งสองของภาพอาจแสดงดังรูปที่ 2(b) และรูปที่ 2(e) โดยให้การเลื่อนทางแกน  $y$  เป็น 0 หรือถ้าหากพิจารณา การเคลื่อนที่ ใน 2 มิติ ก็พิจารณารูปที่ 2(b) และรูปที่ 2(e)

## 3. วิธีที่เสนอ

วิธีการที่นำเสนอในบทความนี้จะเป็นการอ่านค่ารหัสแถบ 2 มิติ ซึ่งมีขนาด เลเบล  $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$  และกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเชิงเส้นประมาณ  $2.5 \text{ m/min}$ . การดำเนินการงานประกอบด้วย 4 ส่วน สำคัญในกระบวนการ ดังนี้ 1) การได้มาของภาพรหัสแถบ 2) การหาตำแหน่งของรหัสแถบด้วยวิธีการมอร์โฟโลจิคอล 3) การปรับปรุง ภาพรหัสแถบ และ 4) การอ่านค่ารหัสแถบ

### 3.1 การได้มาของภาพรหัสแถบ

ในส่วนนี้เป็นการนำภาพเข้า โดยภาพที่ได้จากกล้องมีความละเอียด  $256 \times 256$  พิกเซล ถูกทำการดึงออกมาครั้งละ 1 เฟรมเพื่อนำไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไป รูปแบบของภาพที่มีการสูญเสียความคมชัด ในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ภาพที่ได้จากกล้องมีระยะที่เลื่อนไป 15 พิกเซล และ มุม 45 องศา

### 3.2 การหาตำแหน่งของรหัสแถบด้วยวิธีมอร์โฟโลจิคอล

การหาตำแหน่งของรหัสแถบ 2 มิติ ด้วยวิธีมอร์โฟโลจิคอลจะมีขั้นตอนย่อยตามลำดับ คือ การแปลงภาพเป็น Grayscale การตรวจหาขอบภาพ การทำเทรซ ไชร์วอร์ด การทำ Dilation และการแยกบริเวณรหัสแถบออกมา

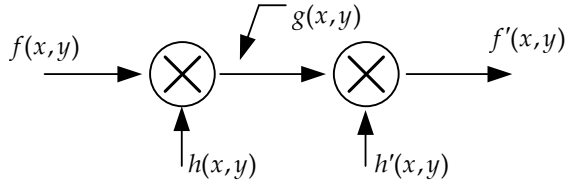
โดยขั้นตอนแรกภาพที่ได้จากกล้องจะต้องทำการแปลงเป็นภาพระดับเทา หลังจากนั้นจะดูนำไปตรวจหาขอบภาพ แบบ Sobel [5] จากนั้นทำการเทรซ ไชร์วอร์ด ภาพจะถูกแบ่งเป็นสองกลุ่ม ได้อย่างชัดเจน วิธีการทำ Dilation และวัตถุที่ติดกับขอบภาพรหัส แถบจะถูกกำจัดออก ขั้นตอนสุดท้ายของการหาตำแหน่งรหัสแถบ เป็นการหาบนสุด ล่างสุด ซ้ายสุด ขวาสุด ของวัตถุที่เป็นบริเวณรหัส แถบออกมา ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ภาพที่ผ่านการ dilation และพร้อมจะแยกส่วนรหัสแถบออก

### 3.3 การปรับปรุงภาพรหัสแถบ

ในกระบวนการปรับปรุงภาพที่มีการสูญเสียไปจากการเคลื่อนที่ ดังนั้นวิธีในการปรับปรุงภาพเกี่ยวข้องกับการหาแบบจำลองการปรับปรุงภาพและทำการกระบวนการย้อนกลับเพื่อสร้างภาพมาดั้งเดิม โดยเขียนเป็นแบบจำลองของการปรับปรุงภาพ ได้ดังนี้



รูปที่ 5 แบบจำลองของการปรับปรุงภาพ

ภาพที่พร่ามัวเนื่องจากการเคลื่อนที่  $g(x,y)$  เกิดจากภาพต้นฉบับ  $f(x,y)$  ที่ถูกคูณประสาน (convolution) กับฟังก์ชันกำหนดการเคลื่อนที่ของจุด (point spreading function: PSF)  $h(x,y)$  เราควรจะสร้างหรือประมาณภาพเดิม  $f'(x,y)$  ได้ โดยใช้การคูณประสานกลับ (deconvolution) อย่างไรก็ตามการคูณประสานย้อนกลับมักไม่ได้ผลดี อุดมคติ ทั้งนี้เนื่องผลของสัญญาณรบกวนอื่น วิธีการที่ดีกว่าก็คือ การใช้การกรองเวียเนอร์ (Wiener deconvolution) ซึ่งทำงานในโดเมนความถี่ จากการกำหนดค่าของตัวแปร ปัญหาสามารถเขียนอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$g(x,y) = h(x,y) \otimes f(x,y) \quad (1)$$

$$= \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} h(x-i, y-j) f(x,y)$$

โดย  $\otimes$  แสดงถึงการคูณประสาน (Convolution) ระหว่าง  $h(x,y)$  และ  $f(x,y)$  ในโดเมนเวลาหรือโดเมนสเปเชียล ในโดเมนความถี่ สมการ (1) สามารถเขียนได้ดังนี้

$$G(u,v) = H(u,v)F(u,v) \quad (2)$$

เมื่อทราบความเร็วของการเคลื่อนที่ เราสามารถกำหนดค่าของ  $L$  ได้จาก

$$L = \vec{v}t \quad (3)$$

ให้  $\vec{v}$  = ความเร็ว,  $t$  = เวลา,  $\theta$  = มุมของความไม่คมชัดจากการเคลื่อนที่ เราจึงคิดวิธีในการหาค่า ระยะ (Length:  $L$ ) จากสมการนี้

$$h(x,y) = \begin{cases} \frac{1}{L}, & \text{if } 0 \leq |x| \leq L \cos \theta ; y = L \sin \theta \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

จากนี้กำหนดค่าของการเคลื่อนที่ของภาพโดยให้มุมการเคลื่อนที่  $\theta = 0$  โดยแทนค่าลงในสมการ (4) เมื่อแปลงฟูเรียร์ จะได้

$$H(u) = \text{sinc}(\pi u L) e^{-j\pi u L} \quad (5)$$

หรือหากคิดเฉพาะขนาดของสมการ (5) ก็คือ

$$|H(u)| = \text{sinc}(\pi u L) \quad (6)$$

ทั้งหมดนี้ใน 2 มิติ สามารถแสดงความไม่คมชัดของระยะและมุม [6] จากสมการนี้

$$|H(u,v)| = \text{sinc}(\pi L f) \quad (7)$$

โดยที่  $f = u \cos \theta + v \sin \theta$

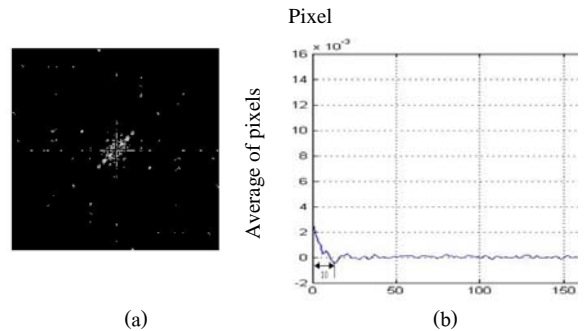
หลังจากการได้รับภาพเข้ามา ขั้นตอนการหาค่าตัวแปร  $L$  จะมีอยู่ 2 ขั้นตอน คือ 1) การคำนวณหาทิศทางของความไม่คมชัด 2) การคำนวณหาระยะของความไม่คมชัด ดังรูปที่ 5

- การหาเส้นของภาพในแถบความถี่ของภาพนี้ กล่าวถึงการเชื่อมจุดโดยการหาค่าเราต้องการหาเซตย่อยของจุดเหล่านี้ที่อยู่บนเส้นเฉพาะใดๆ ปัญหานี้เกี่ยวกับการหาเส้นต้องใช้วิธี Hough transforms ใช้การคำนวณของ Hough transforms [6]
- ขั้นตอนการจำแนกทิศทางของภาพที่ไม่มีคมชัด ใช้ผลการแปลงฟูเรียร์  $G(u,v)$  ของภาพที่มีความไม่คมชัด  $g(x,y)$  จากนั้นคำนวณโดยใช้ Log โดยให้

$$C(u,v) = \log(1 + |G(u,v)|) \quad (8)$$

จากนั้นใช้ Hough transforms หาทิศทาง  $\theta$  ใน  $C(u,v)$  ดังรูปที่ 6 (a) และ (b)

- ขั้นตอนการจำแนกระยะของภาพที่ไม่มีคมชัดให้ทำการแปลงฟูเรียร์  $G(u,v)$  ของภาพที่มีความไม่คมชัด  $g(x,y)$  และทำการหมุนภาพให้อยู่ในทิศทางตรงกันข้าม  $C(u,v)$  จากนั้นจะทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ยทุกพิกเซล ใน  $C(u,v)$  [3]



รูปที่ 6 รูปการตรวจสอบมุมและระยะ

(a) การตรวจจับมุมที่มีการเคลื่อนที่ 0 องศา

(b) กราฟแสดงค่าเฉลี่ยภาพที่เลื่อนระยะ 10 พิกเซล

#### 3.3.1 การปรับปรุงภาพด้วยฟิลเตอร์ค่าเฉลี่ยกำลังสองต่ำสุด

จากภาพที่พร่ามัว เมื่อหาระยะ และมุมของการเคลื่อนที่แล้ว การปรับปรุงคุณภาพของภาพ ในส่วนนี้จะใช้ ฟิลเตอร์ค่าเฉลี่ยกำลังต่ำสุด (Least Mean Square Filter) หรือ Wiener Filter [6] โดยผลลัพธ์ที่ได้คือ  $\hat{F}(u,v)$  เมื่อ

$$\hat{F}(u,v) = \left[ \frac{1}{|H(u,v)|^2 + \gamma [S_n(u,v)/S_f(u,v)]} \right] G(u,v) \quad (9)$$

หากให้  $\gamma = 1$  เทอมที่อยู่ในวงเล็บลดภาพเป็น Wiener Filter เรียกว่า  $\gamma$  เป็นพารามิเตอร์ Wiener โดย  $S_n(u,v)$  = Power spectrum of the noise และ  $S_f(u,v)$  = Power spectrum ของภาพต้นฉบับในกรณีนี้  $S_n(u,v) = 0$  จะได้ว่า Wiener Filter กลายเป็น Inverse Filter

เมื่อ  $S_n(u, v)$  และ  $S_f$  ไม่ทราบค่า จาก (9) สามารถประมาณค่าเป็น  $K$  ใน (10) ได้โดย

$$\hat{F}(u, v) = \left[ \frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + K} \right] G(u, v) \quad (10)$$

จาก (10) จะเห็นว่าค่าของ  $\hat{f}(x, y)$  จะมีค่าใกล้เคียงกับ  $f(x, y)$  ซึ่งเป็นค่าของการทำ Inverse Filter โดยสรุปขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพของภาพ มีดังนี้

- การคำนวณหาเส้นของภาพ
- คำนวณหาทิศทางของความไม่คมชัด
- คำนวณหาระยะของความไม่คมชัด
- ปรับปรุงคุณภาพของภาพ

#### 4. ผลการทดลอง

##### 4.1 อ่านรหัสบาร์โค้ด

จากหลักการและวิธีการ ดังกล่าวมาแล้ว ได้พัฒนาวิธีการ ด้วยโปรแกรม Labview V.8.6 ทำการทดสอบการอ่านค่ารหัสบาร์โค้ดแบบ 2 มิติ ที่ติดบนชิ้นงาน และเคลื่อนที่บนสายพานที่ความเร็วประมาณ 2 เมตร ต่อ นาที โดยตัวรหัสบาร์โค้ดที่ติดกับชิ้นงานประเภทต่าง ๆ 6 ประเภท คิดเป็นจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 520 ตัวอย่าง ซึ่งภาพที่นำมาทดลองมีลักษณะของรหัสบาร์โค้ดที่ต่างกันและอยู่ในพื้นที่เดียวกัน มีการได้มาของภาพต่างกัน สำหรับการทดลองนี้ผลการทดลองแสดงผลในรูปแบบที่ 7

การอ่านรหัสได้ค่าถูกต้องของการอ่านรหัสบาร์โค้ดตัวอย่างทั้งหมดได้ค่าความถูกต้อง แสดงผลการอ่านรหัสบาร์โค้ดและหาตำแหน่งรหัสบาร์โค้ดแต่ละตัวอย่างในรูปแบบที่ 8



รูปที่ 7 ลักษณะรหัสบาร์โค้ด 2 มิติ ที่ติดบนชิ้นงาน (ชนิดงาน A3)

ชนิดงาน	จำนวนชิ้น/ถาด	จำนวนทั้งหมด	จำนวนที่อ่านค่าได้ถูกต้อง
A1	8	80	80 (100%)
A2	8	80	80 (100%)
A3	10	100	96 (96%)
A4	10	100	97 (97%)
A5	8	80	79 (97.5%)
A6	8	80	80 (100%)

รูปที่ 8 ผลการอ่านรหัสบาร์โค้ดและหาตำแหน่งรหัสบาร์โค้ดแต่ละตัวอย่าง

#### 5. สรุป

ในบทความนี้เราเสนอวิธีการอ่านค่ารหัสบาร์โค้ดบนชิ้นงานที่มีเคลื่อนที่ ในการอ่านรหัสบาร์โค้ดใช้วิธีการมอร์โฟโลจิคอลในการหาตำแหน่งรหัสบาร์โค้ดและปรับปรุงคุณภาพของภาพจากตัวแปร PSF คือความไม่คมชัดจากระยะและความไม่คมชัดจากทิศทางในการเคลื่อนที่ของวัตถุ การปรับปรุงคุณภาพของภาพนั้นเราใช้ Winner Filter ในการทำโดยผลการทดลองด้วยรหัสบาร์โค้ดทั้งหมด 520 ตัวอย่างมีประสิทธิภาพ 98.62 % สำหรับการอ่านรหัสบาร์โค้ดได้ถูกต้อง ซึ่งรหัสบาร์โค้ดที่ไม่สามารถอ่านค่าได้นั้น มีปัญหาจากการรับภาพไม่สมบูรณ์ เช่น ได้มาเพียงบางส่วนของแถบรหัส

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนโดย โครงการเลขที่ HDD-01-51-010M จาก วิทยาลัยร่วมด้านเทคโนโลยีการบันทึกข้อมูลและการประยุกต์ใช้งาน (D\*STAR) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) และบริษัทคอมพิวเตอร์พีซีซี (ประเทศไทย) จำกัด

#### 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] [http://www.thaicert.org/paper/basic/2dbarcode\\_intro.pdf](http://www.thaicert.org/paper/basic/2dbarcode_intro.pdf)
- [2] Muniz R., Junco L., Otero A., "A robust software barcode reader using the Hough Transform", *Proceedings of 1999 International Conference on Information Intelligence and Systems*, 31 Oct.-3 Nov. 1999 pp. 313 – 319.
- [3] Jain A.K., Chen Y., "Barcode localization using texture analysis", *Proceedings of the Second International Conference on Document Analysis and Recognition*, 20-22 Oct. 1993 pp. 41 – 44.
- [4] Arnould S., Awcock G. J., Thomas R., "Remote bar-code localization using mathematical morphology", *Seventh International Conference on Image Processing and Its Applications*, 13-15 July 1999 vol.2, pp. 642 – 646.
- [5] R.C.Gonzalez and R.E Wood, *Digital image processing*, Prentice-Hall Publishing, 2002.
- [6] R. Lokhonde, K.V.Arya and P.Gupta, "Identification of parameter and restoration of motion blurred image," *Proceeding of ACM Symposium on Applied Computer*, 2006.



นายสรินันท์ นาคดอนอม จบการศึกษาวท.บ. สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ในปี พ.ศ.2549 ปัจจุบันกำลังศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีการบันทึกข้อมูล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ร.ดร.สมศักดิ์ ชุมชู่ จบการศึกษาวท.บ. และวศ.ม.สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และ Ph.D. สาขา Electrical Engineering จาก

Imperial College, University of London, U.K