

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การตรวจสอบปลอกกระสุนปืน
CARTRIDGE CASES VERIFICATION



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CARTRIDGE CASES VERIFICATION



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การตรวจสอบปลอกกระสุนปืน
TITLE CARTRIDGE CASES VERIFICATION

ชื่อนักศึกษา นางสาวศิริภา วิชาเป็ง รหัสนักศึกษา 47010766
นายศุภจิต พินารมงคล รหัสนักศึกษา 47010776

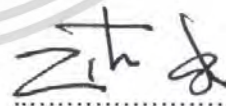
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.พิทักษ์ ธรรมวาริน

ระดับการศึกษา ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ

ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ

ปีการศึกษา 2550

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง



(ดร.พิทักษ์ ธรรมวาริน)
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การตรวจสอบปลอกกระสุนปืน	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวศิริกา วิชาเป็ง	รหัสนักศึกษา 47010766
	นายสุภจิต พินารมงคล	รหัสนักศึกษา 47010776
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.พิทักษ์ ชรรมวลริน	
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ	
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
ปีการศึกษา	2550	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน โดยการพิจารณาจากคุณลักษณะเด่นของปลอกกระสุนปืนซึ่งมีคุณสมบัติไม่เปลี่ยนแปลงไปตามการหมุน ซึ่งคุณลักษณะเด่นดังกล่าว สามารถแสดงได้โดยค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ของอนุกรมฟูเรียร์ของภาพส่วนที่เป็นแก๊ปของปลอกกระสุนปืนที่อยู่ในพิกัดเชิงขั้วในรัศมีที่แตกต่างกัน ซึ่งลักษณะเด่นนี้เป็นลักษณะเฉพาะตัวของรอยที่เกิดจากเข็มแทงขนวนของปืนแต่ละกระบอกที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ในปริญญานิพนธ์นี้ได้ใช้การประมาณค่าด้วยอนุกรมฟูเรียร์ เพื่อช่วยลดปัญหาที่ทำให้เกิดความแตกต่างของภาพถ่ายปลอกกระสุนปืน เช่น ปัญหาแสงสะท้อนเป็นต้น สำหรับกระบวนการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน กระทำได้โดยคำนวณค่าระยะแบบขั้วคลิด ระหว่างค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ของอนุกรมฟูเรียร์ของภาพส่วนที่เป็นแก๊ปของปลอกกระสุนปืนที่อยู่ในพิกัดเชิงขั้วของปลอกกระสุนปืนอ้างอิง และปลอกกระสุนปืนที่นำมาทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Cartridge Cases Verification	
Student	Miss Siripa Wichapeng	ID. 47010766
	Mr.Supachit Pihanmongkol	ID. 47010776
Advisor	Dr. Pitak Thumwarin	
Graduate Level	Bachelor Degree of Information Engineering	
Department	Information Engineering	
Academic Year	2007	

Abstract

This paper presents cartridge cases verification base on a rotation invariance feature. The rotation invariance feature is represented by the absolute value of Fourier coefficients of polar image of cartridge case on circles with different radii. The absolute value of Fourier coefficients is considered as the individual feature of the particular primer cap. Moreover, in this paper, variations on surface of cartridge cases such as light reflection effect can be reduced by using the Fourier approximation of the cartridge case image. Finally, cartridge case can be verified by the distance between the absolute value of Fourier coefficients from the reference primer cap and the primer cap to be verified.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจสำเร็จไปได้ หากไม่ได้รับความช่วยเหลือและความร่วมมือจากบุคคลหลายฝ่ายด้วยกัน ซึ่งบุคคลสำคัญได้แก่ ดร.พิทักษ์ ธรรมวาริน ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ผู้ให้ความช่วยเหลือ ชี้แนะ ให้คำปรึกษา ตลอดจนแก้ไข และเอาใจใส่ห่วงใย มาเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาการทำปริญญาโท ซึ่งขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

สุดท้ายนี้ก็ขอขอบคุณผู้ที่ทำให้เราได้มีวันนี้ ซึ่งคอยให้การสนับสนุนสิ่งต่างๆมาโดยตลอด นั่นคือท่านบิดา มารดา จึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ปลอกกระสุนปืน

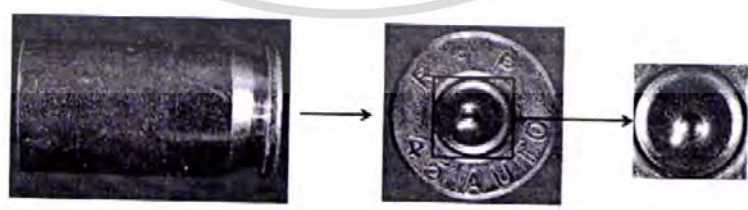
โลหะที่ใช้ทำปลอกกระสุนปืนมีหลายชนิดคือ ทองเหลือง , เหล็ก , อลูมิเนียม , ทองแดง ฯลฯ แต่ที่นิยมมากที่สุดคือ ทองเหลือง ซึ่งทองเหลืองเป็นโลหะผสมระหว่าง ทองแดงกับสังกะสี ดังตัวอย่างรูปที่ 2.1

ส่วนที่เป็นแก๊ปของลูกกระสุนปืนคือเครื่องจุดประกายไฟ มีลักษณะคล้ายหมวกแก๊ปหรือหลอดที่ใช้บรรจุผง หรือสารจุดระเบิดให้เกิดประกายไฟ ซึ่งจะถูกฝังตัวอยู่ที่ส่วนฐานของกระสุนปืน

ลูกกระสุนปืนจะถูกดีดออกไปจากลำกล้อง โดยที่เข็มแทงชนวนจะกระทบกับฐานของลูกกระสุนปืน ทำให้ปลอกกลกระสุนปืนมีรอยที่เกิดจากเข็มแทงชนวน ดังจากรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของปืน



รูปที่ 2.2 ตำแหน่งของภาพรอยเข็มแทงชนวนที่ใช้ในการตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การแยกวัตถุจากภาพ (Segmentation)

การแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง เป็นกระบวนการเบื้องต้นหลังจากที่รับภาพเข้ามา ก่อนที่จะนำภาพไปสู่กระบวนการในการตรวจสอบ ซึ่งในที่นี้จะแยกข้อมูลภาพส่วนที่เป็นแก๊ป (primer cap) ของลูกกระสุนปืนออกจากข้อมูลภาพทั้งหมด ซึ่งในโครงงานนี้เลือกใช้วิธีการหากรอบด้วยวิธีการ Line Crossing โดยทำการกำหนดระดับขีดแบ่ง (Thresholding) จากนั้นจะทำการแยกส่วนที่เป็นแก๊ป ออกจากภาพทั้งหมดโดยการเริ่มแสดกนจากแนวนอน แล้วบันทึกค่าว่าเจอสีค่าจุดสุดท้ายที่ตำแหน่งใด หลังจากนั้นก็กระทำในแนวตั้ง ทำไปทุกขอบรูปก็จะได้ขอบเขตของภาพที่เป็นส่วนที่เป็นแก๊ปของลูกกระสุนปืนขึ้นมามีดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 การแยกวัตถุออกจากภาพ โดยวิธี Line Crossing



รูปที่ 2.4 รูปที่ได้จากการแยกวัตถุออกจากภาพโดยวิธี Line Crossing

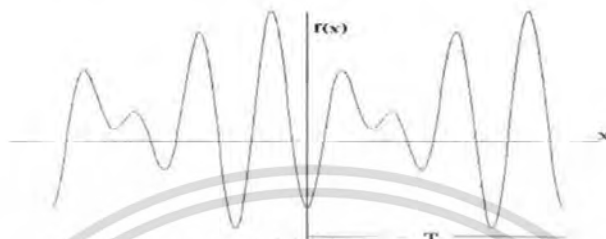
2.3 ฟังก์ชันคาบ (Periodic function)

ฟังก์ชันคาบเป็นฟังก์ชันที่มีค่าวนซ้ำเป็นช่วง ๆ เราสามารถนิยาม $f(x)$ เป็นฟังก์ชันคาบได้ดังสมการที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f(x+T) = f(x) \text{ ตลอดทุกค่าของ } x \quad (2.1)$$

เมื่อ $T = (1, 2, 3, \dots)$ และ T คือคาบของฟังก์ชัน $f(x)$ เช่น $\sin x$ และ $\cos x$ มีคาบครบรอบเท่ากับ 2π รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างของฟังก์ชันคาบ



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างฟังก์ชันคาบ

2.4 การแปลงพิกัดฉากเป็นพิกัดเชิงขั้ว

เนื่องจากภาพส่วนที่เป็นเก็ปที่ได้จากพ्लอกกระสุนปืนเป็นภาพในลักษณะวงกลมซึ่งการวิเคราะห์จะทำได้ยาก อีกทั้งภาพถ่ายที่ได้ในแต่ละครั้งนั้นอาจมีการหมุนไป เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ภาพส่วนที่เป็นเก็ปของพ्लอกกระสุนปืน ได้ง่ายขึ้นจึงทำการแปลงภาพจากพิกัดฉาก (cartesian coordinate) ให้เป็นพิกัดเชิงขั้ว (polar coordinate) โดยที่ความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดฉากกับพิกัดเชิงขั้วสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.2-2.5

$$x = r \cos \theta \quad (2.2)$$

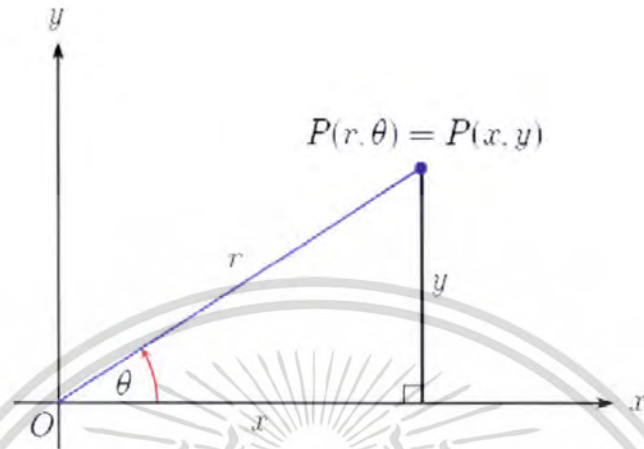
$$y = r \sin \theta \quad (2.3)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (2.4)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y}{x} \quad (2.5)$$

โดยที่ $r \geq 0$, $0 \leq \theta \leq 2\pi$

จากสมการข้างต้นสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 2.6 โดยกำหนดให้ x ของระบบพิกัดเชิงขั้วและจุดกำเนิดของระบบพิกัดฉากเป็นจุดเดียวกัน และแกนเชิงขั้วของระบบพิกัดเชิงขั้วทับกับแกน x ด้านบวกของระบบพิกัดฉาก รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างการพิจารณาค่าระดับสีเทาของภาพส่วนที่เป็นเก็ปที่รัศมี 100 และ 180 และตัวอย่างการแปลงระบบพิกัดฉากเป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว

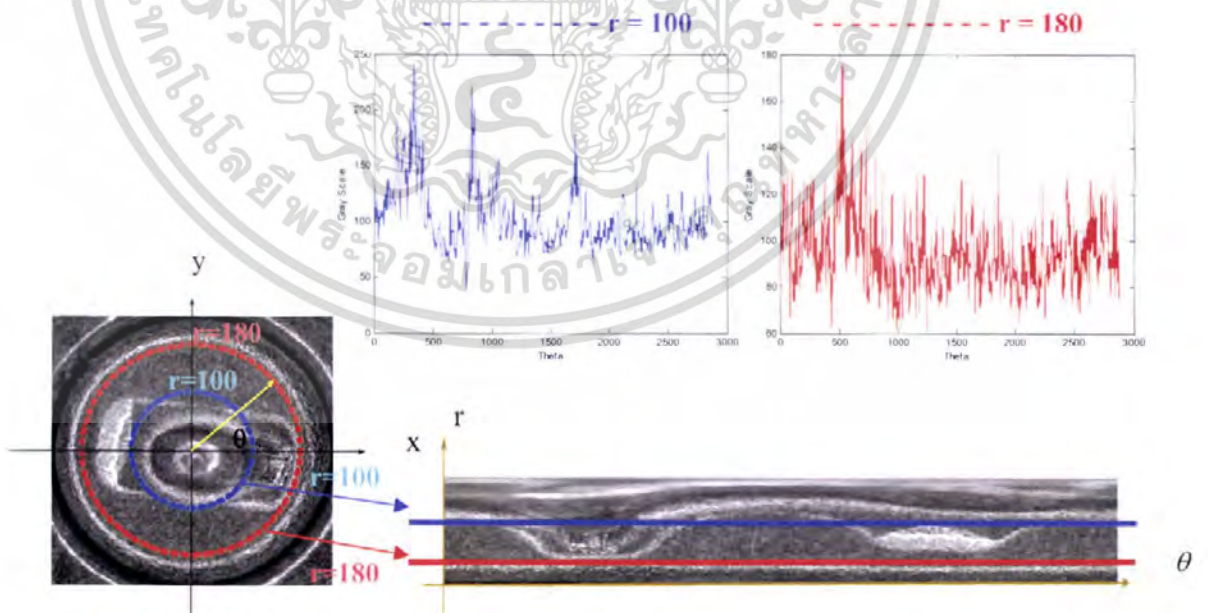


รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดฉากกับพิกัดเชิงขั้ว

ซึ่งสามารถแปลงพิกัดฉาก เป็นพิกัดเชิงขั้วได้ในรูปของ $f(r, \theta)$ โดยที่

$$f(r, \theta) = f(r \cos \theta, r \sin \theta)$$

(2.6)



รูปที่ 2.7 ความเป็นฟังก์ชันคาบของพิกัดเชิงขั้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การประมาณค่าด้วยฟูรีเยร์ (Fourier Approximation)

อนุกรมฟูรีเยร์ (Fourier series) เป็นอนุกรมซึ่งสื่อถึงฟังก์ชันคาบ โดยสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันไซน์(Sine) และ โคไซน์(Cosine) เพื่อให้ฟังก์ชันคาบอยู่ในรูปทั่วไป

กำหนด $f(x)$ คือฟังก์ชันคาบที่มีคาบเท่ากับ T และ $\omega = \frac{2\pi}{T}$ สามารถแสดง $f(x)$ อยู่ในรูปของฟังก์ชันไซน์และโคไซน์ ได้ดังสมการ 2.7 - 2.9

$$f(x) = \frac{1}{2} a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(n\omega x) + b_n \sin(n\omega x)] \quad (2.7)$$

โดยที่

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(x) \cos(n\omega x) dx \quad (2.8)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(x) \sin(n\omega x) dx \quad (2.9)$$

a_n และ b_n คือ ค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ (Fourier Coefficients) เป็นค่าที่แสดงคุณสมบัติความถี่ของสัญญาณ โดยสามารถใช้อนุกรมฟูรีเยร์ในการประมาณค่าได้โดยการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ a_n และ b_n ที่ได้จากการคำนวณโดยการกำหนดจำนวนสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการประมาณค่าฟังก์ชันต้นแบบ

เนื่องจากอนุกรมนี้เป็นอนุกรมไม่รู้จัก(Infinite series) ดังนั้นการประยุกต์ใช้อนุกรมกับฟังก์ชันคาบอื่นๆ จึงมีประโยชน์มาก ทำให้สามารถประมวลผลข้อมูลจำนวนมากได้อย่างรวดเร็ว เพราะผลลัพธ์ที่ได้จากสมการจะมีขนาดลดลง แต่ยังคงคุณสมบัติเดิมไว้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ การวิเคราะห์ด้วยอนุกรมฟูรีเยร์จะแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของข้อมูล และสื่อออกมาด้วยรูปสมการอย่างง่าย ดังนั้นจึงถือว่าอนุกรมฟูรีเยร์นั้นมีประโยชน์อย่างมากในการประมาณค่าของฟังก์ชันคาบ

ปริศยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้การประมาณค่าฟูรีเยร์ในการดึงลักษณะเด่นของปลอกกระสุนปืนที่มีคุณสมบัติไม่เปลี่ยนแปลงตามการหมุน จึงตั้งสมมติฐานว่า $\hat{f}(r_k, \theta)$ เป็นฟังก์ชันคาบและสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของอนุกรมฟูรีเยร์ได้ดังนี้

$$\hat{f}(r_k, \theta) = \sum_{m=-M}^M a_m^{(k)} e^{jm\theta} \quad (2.10)$$

โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$a_m^{(k)} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \hat{f}(r_k, \theta) e^{-jm\theta} d\theta \quad (2.11)$$

เพื่อพิสูจน์ว่าลักษณะเด่นของพลากรกระสุนปืนมีคุณสมบัติไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อพลากรกระสุนปืนอยู่ในองศาที่เปลี่ยนไป จึงให้

$$\hat{g}(r_k, \theta) = \hat{f}(r_k, \theta + \alpha) \quad (2.12)$$

$$b_m^{(k)} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \hat{f}(r_k, \theta) e^{-jm\theta} e^{-jm\alpha} d\theta \quad (2.13)$$

จากสมการที่ (2.10) จะได้

$$|b_m^{(k)}| = |a_m^{(k)}| |e^{jm\alpha}| \quad (2.14)$$

จาก $e^{j\theta} = \cos\theta + j\sin\theta$ จะได้

$$|e^{jm\alpha}| = \sqrt{\cos^2 m\alpha + \sin^2 m\alpha} = \sqrt{1} = 1$$

ดังนั้น

$$|b_m^{(k)}| = |a_m^{(k)}| \quad (2.15)$$

จากสมการที่ 2.15 แสดงให้เห็นว่าค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์จะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง แม้ว่าพลากรกระสุนจะหมุนไปตามองศาใด ๆ

2.6 การวัดระยะแบบยูคลิด (Euclidean distance)

การวัดระยะแบบยูคลิด คือ วิธีการทั่วไปในการวัดระยะทางระหว่างจุด 2 จุดบนระนาบถ้ากำหนดให้ $u = (x_1, y_1)$ และ $v = (x_2, y_2)$ เป็นจุด 2 จุดบนระนาบ การวัดระยะแบบยูคลิดสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.16

$$\text{Distance } (d) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2} \quad (2.16)$$

ดังนั้นหากต้องการหาระยะทางระหว่าง A และ B ซึ่งมีข้อมูลดังนี้ $A = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ และ $B = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ จะได้ระยะทางยูคลิดจาก A ไป B

$$\text{Distance } (d) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2} \quad (2.17)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการหาระยะทางหรือมุมได้
ไม่ว่าจะเป็นเวกเตอร์หรือสัญญาณข้อมูล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบระบบและวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 การเลือกใช้งานกล้องและเลนส์

ขั้นตอนที่ 1 การเลือกกล้อง

การเลือก Resolution

$$\text{Resolution} = (\text{ส่วนที่ยาวที่สุดของวัตถุ(mm)} \div \text{ขนาดของวัตถุที่เล็กที่สุดที่ต้องการวัด(mm)}) \times 2$$

ขั้นตอนที่ 2 การเลือกเลนส์

$$\text{Focal Length} = (\text{Sensor Size(mm)} \times \text{Working Distance(mm)}) \div \text{Field of View(mm)}$$

3.1.2 ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกใช้งานกล้องและเลนส์

3.1.2.1 Resolution : ส่วนที่เล็กที่สุดของวัตถุที่ต้องการตรวจสอบซึ่งตัวกล้องสามารถแยกได้หรือสร้างขึ้นมาได้

3.1.2.2 Field of View (FOV) : บริเวณทั้งหมดที่กล้องสามารถถ่ายภาพได้ภายในบริเวณของวัตถุที่ต้องการตรวจสอบ

3.1.2.3 Working Distance(WD) : ระยะห่างระหว่างปลายสุดของเลนส์กับพื้นที่ผิวด้านบนของวัตถุที่ต้องการตรวจสอบ

3.1.2.4 Sensor Size : ขนาดของเซนเซอร์ที่ติดมากับกล้อง โดยส่วนมากจะใช้ขนาดความยาวของเซนเซอร์ในแนวตามขวาง

3.1.2.5 Image : ภาพของวัตถุที่ต้องการตรวจสอบ

3.1.2.6 Pixel : พิกเซล

3.1.2.7 Pixel Resolution : จำนวนที่น้อยที่สุดของพิกเซลที่กล้องต้องการนำมาสร้างรูปของวัตถุที่ต้องการตรวจสอบ

3.1.2.8 Focal Length : ความยาวเลนส์โฟกัส



รูปที่ 3.1 แสดงกล้องและเลนส์ที่ใช้ในการถ่ายภาพ

จากขั้นตอนและวิธีในการเลือกกล้องข้างต้น จึงเลือกกล้อง Gigabit Ethernet Area Scan Cameras ยี่ห้อ BASLER รุ่น scA 1000-30gm ซึ่งมี Resolution เท่ากับ 1034 x 779 , Interface คือ Gigabit Ethernet , Pixel Size เท่ากับ 4.65 x 4.65 , Sensor Size เท่ากับ 4.81 x 3.62 , Optical Size เท่ากับ 1/3" และเลนส์ขนาด 35 mm Optical Size เท่ากับ 2/3" ดังรูปที่ 3.1

3.1.3 การออกแบบอุปกรณ์ส่องสว่าง

เนื่องจากการทดลองนี้แสงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการถ่ายภาพปลอกกระสุนปืนเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมสภาวะทางแสงให้มีความคงที่หรือใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อป้องกันการสะท้อนของแสงที่จะส่งผลกระทบต่อภาพที่ถ่ายขึ้นมา จึงได้สร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมสภาวะทางแสงที่มีคุณสมบัติดังนี้

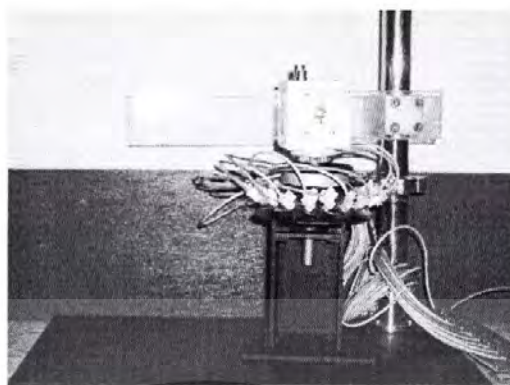
3.1.3.1 ควบคุมสภาวะแวดล้อมในการถ่ายรูปแต่ละครั้งให้เหมือนกัน เช่น ความสูงของกล้องจากวัตถุ ตำแหน่งของวัตถุ ระยะระหว่าง ไฟกับวัตถุ เป็นต้น

3.1.3.2 ให้แสงที่มีปริมาณมากกว่าภายนอก เพื่อตัดผลกระทบของแสงภายนอกที่จะเข้ามารบกวนออก

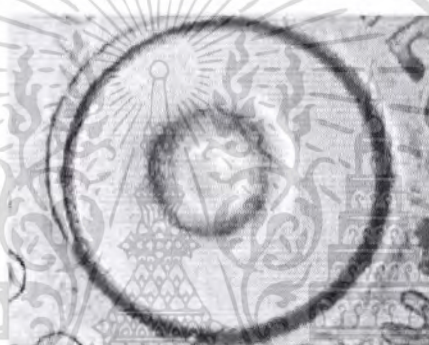
ลักษณะของรูปปลอกกระสุนปืนที่จะใช้ในการพิจารณา มีลักษณะดังนี้

- ต้องมีการสะท้อนของแสงน้อยมาก
- เมื่อมีการหมุนปลอกกระสุนปืนไปในองศาที่ต่างกัน การสะท้อนของแสงจะต้องคงที่
- ตำแหน่งของปลอกกระสุนปืนในการถ่ายภาพแต่ละครั้งต้องอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน
- ลักษณะของรูปปลอกกระสุนปืนที่ถ่ายได้มีรายละเอียดในแต่ละส่วนชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



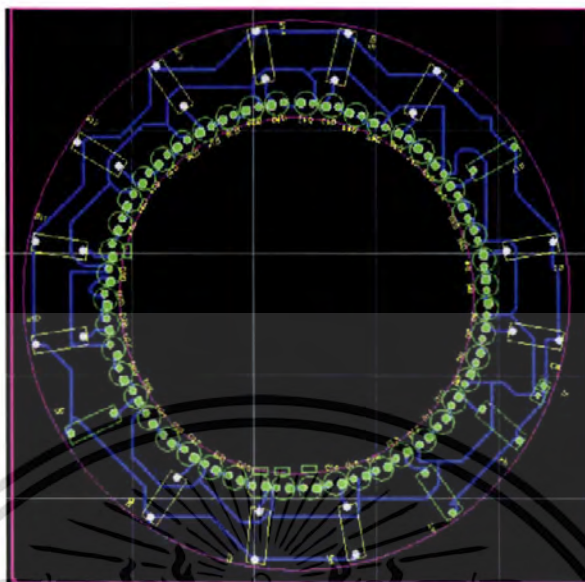
รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ส่องสว่างที่ 1



รูปที่ 3.3 รูปที่ได้จากการถ่ายจากอุปกรณ์ส่องสว่างรูปที่ 3.2

ซึ่งจากการใช้อุปกรณ์ส่องสว่างดังรูปที่ 3.2 จะเห็นได้ว่ารูปภาพของปลอกกระสุนปืนที่ได้จากการถ่ายภาพยังมีความสม่ำเสมอของแสงน้อย และยังเกิดแสงสะท้อนมาก จึงไม่สามารถนำรูปที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์ และแยกแยะได้

จึงได้สร้างอุปกรณ์ส่องสว่างที่ 2 ขึ้น โดยทำจาก หลอด LED จำนวน 47 หลอด ซึ่งเป็นหลอด LED สีแดง เพื่อช่วยลดการสะท้อนของแสง เนื่องจากปลอกกระสุนปืนเป็นโลหะสีทองเหลือง และมีพื้นผิวไม่สม่ำเสมอ และ ตัวต้านทาน(R) จำนวน 16 ตัวโดยได้ออกแบบดังลายนวจร ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ลายวงจรอุปกรณ์ส่องสว่าง

และจากลายวงจรดังรูปที่ 3.4 ทำการกัดลายวงจร และนำมาต่อหลอด LED และตัวต้านทานจะได้อุปกรณ์ส่องสว่างดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 อุปกรณ์ส่องสว่างที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 รูปที่ได้จากการถ่ายภาพจากอุปกรณ์ส่องสว่างรูปที่ 3.5

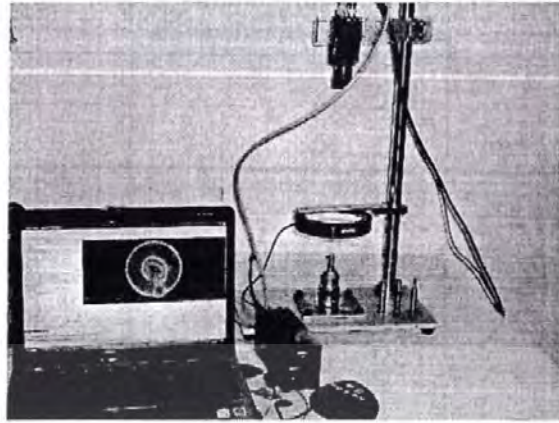
ซึ่งจากการใช้อุปกรณ์ส่องสว่างดังรูปที่ 3.5 จะเห็นได้ว่ารูปภาพของปลอกกระสุนปืนที่ได้จากการถ่ายภาพมีแสงสะท้อนน้อยลง แต่ยังไม่สม่ำเสมอ ดังรูปที่ 3.6 เมื่อมีการหมุนปลอกกระสุนปืนไปในองศาที่ต่างกันไป และรายละเอียดต่าง ๆ ยังไม่ชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากคุณภาพของหลอด LED ที่นำมาใช้ มีคุณภาพต่ำ หลอด LED แต่ละหลอดมีความสว่างไม่เท่ากัน อีกทั้งระยะเวลาในการใช้งานค่อนข้างต่ำ เนื่องจาก LED มีอายุการใช้งานสั้น ดังนั้นจึงเกิดปัญหาเมื่อต้องถ่ายภาพปลอกกระสุนปืนซึ่งมีเป็นจำนวนมาก

และจากปัญหาอุปกรณ์ส่องสว่างที่ 2 จึงได้นำปลอกกระสุนปืนไปทดสอบกับอุปกรณ์ส่องสว่างจากบริษัทตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ส่องสว่าง พบว่าอุปกรณ์ส่องสว่างชนิด Low-angle Ring Light รุ่น LDR2-LA ชนิดสีแดง ดังรูปที่ 3.7 ให้แสงสว่างสม่ำเสมอจนทำให้ภาพปลอกกระสุนปืนที่ได้มีการสะท้อนของแสงน้อย และมีความสม่ำเสมอเมื่อหมุนปลอกกระสุนปืนไปในองศาที่ต่างกัน



รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ส่องสว่างชนิด Low-angle Ring Light

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพ

3.1.4 การออกแบบฐานในการรองรับปลอกกระสุนปืนในการถ่ายภาพ

ฐานที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

- สามารถรองรับปลอกกระสุนปืนได้ทุกขนาดและความสูง
- ขณะที่หมุนปลอกกระสุนปืน ฐานจะต้องมั่นคง และไม่มีการเคลื่อนย้าย
- ขณะที่เปลี่ยนปลอกกระสุนปืนฐานจะต้องไม่มีการเคลื่อนย้าย
- ฐานจะต้องทนทาน ไม่สึกหรอได้ง่าย

จึงได้ออกแบบฐานที่จะรองรับปลอกกระสุนปืนดังรูปที่ 3.9 ซึ่งทำมาจาก อะคริลิก ความสูง 11 ซม. ความกว้าง 6 ซม. และมีแท่นเสียบสำหรับรองรับปลอกกระสุนปืนทุกขนาดและความสูง



รูปที่ 3.9 ฐานที่ใช้ในการรองรับปลอกกระสุนปืนอันที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เนื่องจากฐานคังรูปที่ 3.9 เกิดปัญหาดังนี้

- ขณะที่หมุนปลอกกระสุนปืน ฐานไม่คงที่ มีการเคลื่อนย้าย
- ขณะเปลี่ยนปลอกกระสุนปืน ฐานมีการสีกกร่อน
- ฐานไม่มีความทนทาน

จึงได้มีการคิดค้นและออกแบบฐานสำหรับรองรับปลอกกระสุนปืนขณะทำการถ่ายภาพใหม่ ซึ่งทำมาจากเหล็ก และมีแกนเหล็กสำหรับรองรับปลอกกระสุนปืนทุกขนาดและความสูงดังรูปที่

3.10



รูปที่ 3.10 ฐานที่ใช้ในการรองรับปลอกกระสุนปืนอันที่ 2

ซึ่งจะเห็นได้ว่าฐานในรูปที่ 3.10 นี้มีความคงทน ง่าย แต่ยังไม่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ คือ

- ฐานยังมีการเคลื่อนที่(แกว่ง) ขณะทำการหมุน ทำให้ภาพที่ได้อยู่ในตำแหน่งไม่คงที่

3.2 การออกแบบระบบ

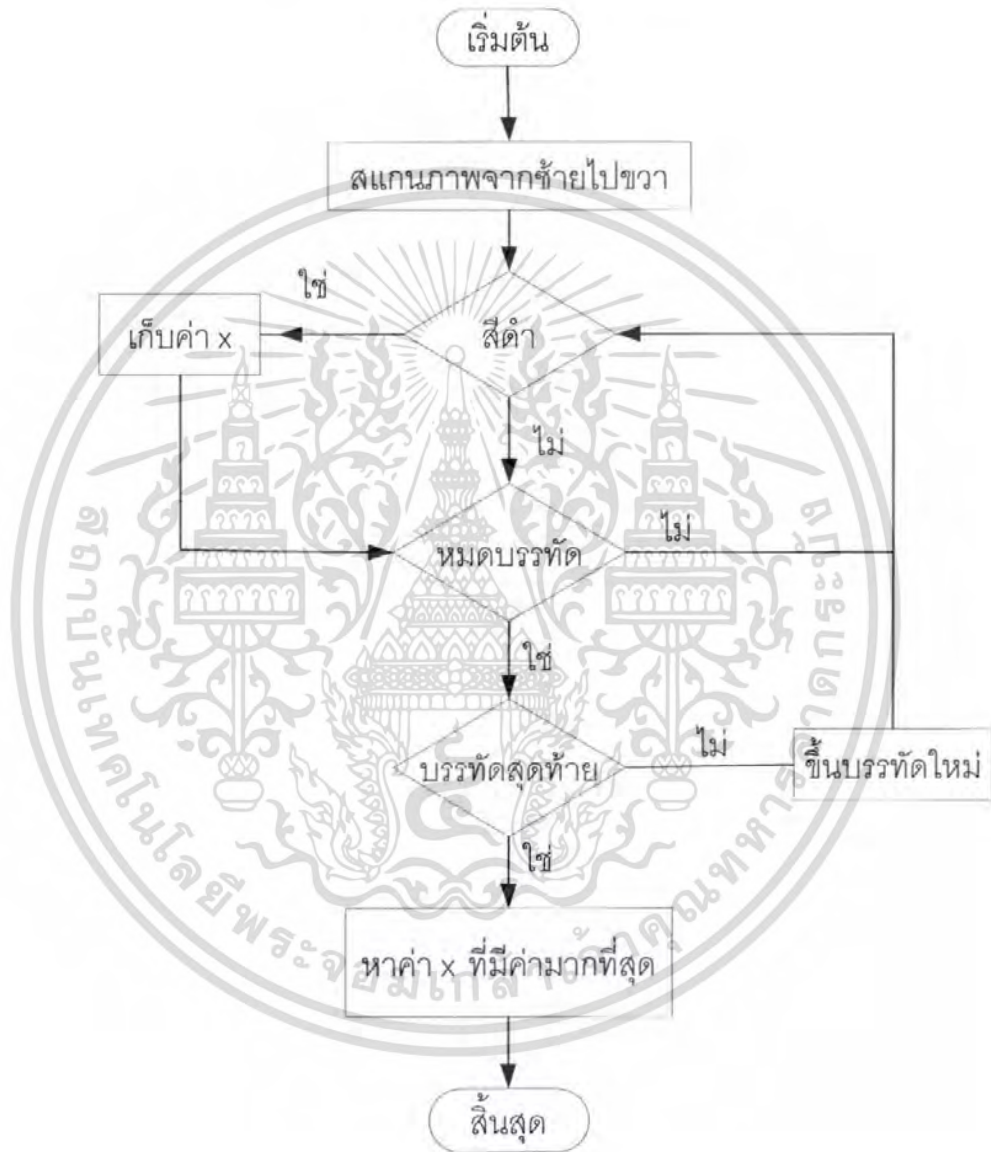
3.2.1 การหาขอบภาพของส่วนที่เป็นแก๊ปของลูกกระสุนปืน

1. นำภาพที่แปลงเป็นภาพระดับความเข้มสีเทามาใช้ในการตรวจสอบ
2. หาจุดด้านล่างสุดของส่วนที่เป็นแก๊ปของลูกกระสุนปืน โดยสแกนภาพในแนวนอนที่ละบรรทัดจากบนลงล่าง เพื่อหาจุดสีดำจุดสุดท้ายแล้วบันทึกค่า
3. หาจุดด้านขวาสุดของส่วนที่เป็นแก๊ปของลูกกระสุนปืน โดยสแกนภาพในแนวตั้งที่ละแถวจากซ้ายไปขวา เพื่อหาจุดสีดำจุดสุดท้ายแล้วบันทึกค่า
4. หาจุดด้านซ้ายสุดของส่วนที่เป็นแก๊ปของลูกกระสุนปืน โดยสแกนภาพในแนวตั้งที่ละแถวจากขวาไปซ้าย เพื่อหาจุดสีดำจุดสุดท้ายแล้วบันทึกค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หาจุดด้านบนสุดของส่วนที่เป็นแก๊ปของลูกกระสุนปืน โดยสแกนภาพในแนวนอนทีละแถวจากล่างขึ้นบน เพื่อหาจุดสีดำจุดสุดท้ายแล้วบันทึกค่า

6. หาระยะจากจุดบนสุดถึงจุดล่างสุด และจุดซ้ายสุดถึงจุดขวาสุด



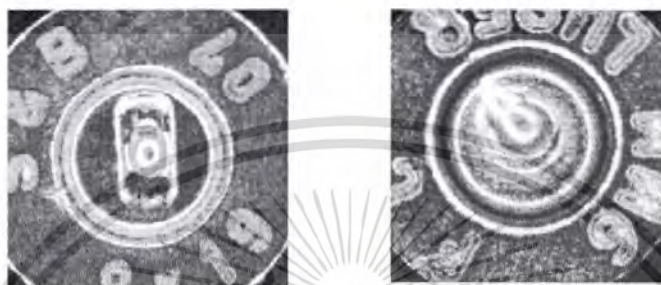
รูปที่ 3.11 อัลกอริทึมในการหาจุดขวา:สุดของภาพ

การหาขอบของภาพส่วนที่เป็นแก๊ปของลูกกระสุนปืน โดยใช้การตัดภาพแบบใช้เทรส

โฮลด์ วิธีการนี้จะมีการกำหนดค่าเทรส โฮลด์ขึ้นมาเพื่อแยกแยะภาพในส่วนที่ต้องการพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับส่วนที่ไม่ต้องการพิจารณา ซึ่งในการประมวลผลนั้นจะทำการแสกนหาขอบค่าของภาพ แต่เนื่องจากขอบค่าของแต่ละปลอกกระสุนปืนมีขนาดไม่เท่ากันดังรูปที่ 3.12 ทำให้เกิดปัญหาในการตัดภาพ จะได้ขนาดของภาพไม่เท่ากันในการตัดภาพแต่ละรูป จึงทำให้ไม่สามารถนำเอาภาพที่ได้จากการตัดภาพแบบกำหนดค่าเทรสโฮลด์มาใช้ในการพิจารณาไม่ได้



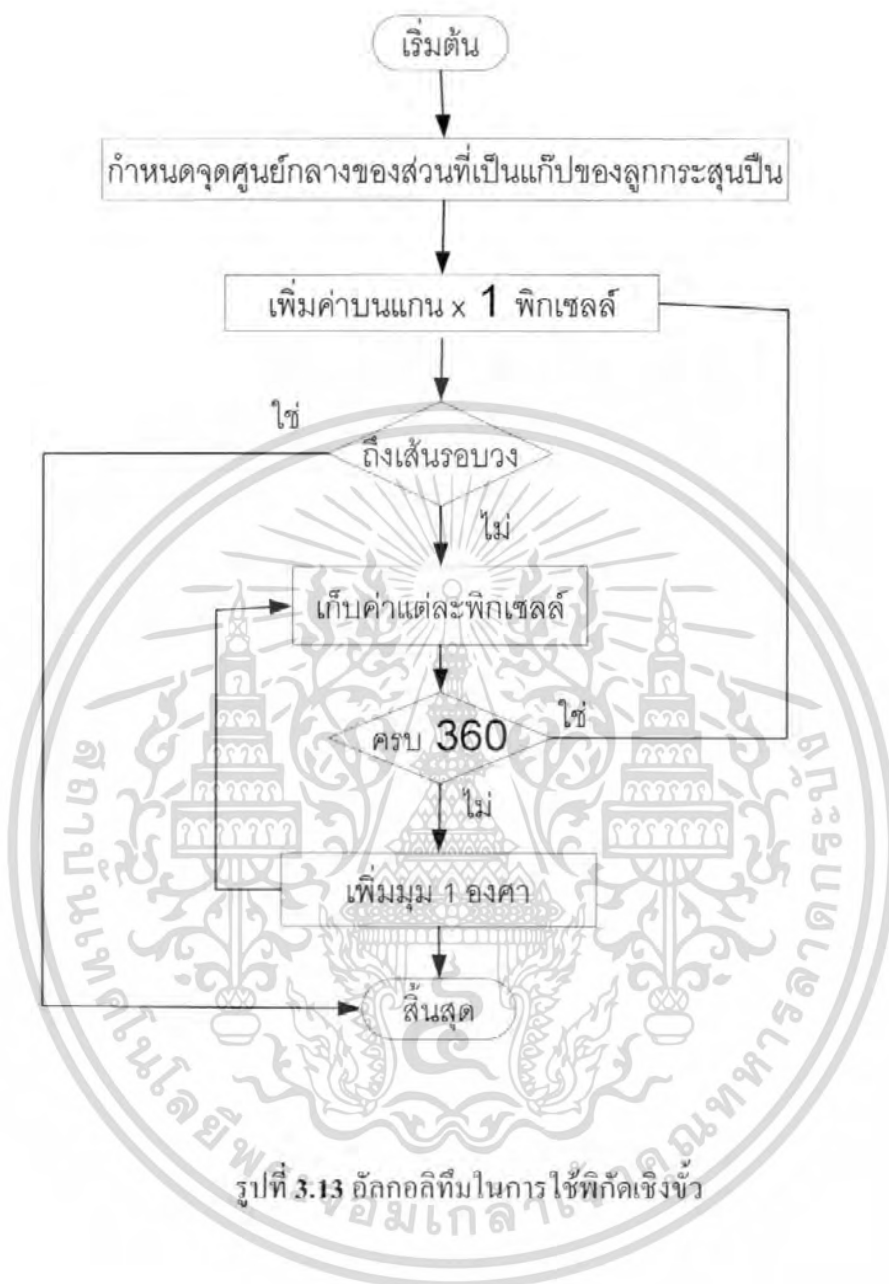
รูปที่ 3.12 (ก) รูปปลอกกระสุนปืนที่ 1 (ข) รูปปลอกกระสุนปืนที่ 2

3.2.2 การใช้พิกัดเชิงขั้วมาใช้ในการวิเคราะห์

มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดจุดศูนย์กลางของวงกลม
2. เพิ่มค่าแกน x ไป 1 พิกเซลแล้วเก็บค่า
3. เพิ่มมุม 1 องศา แล้วเก็บค่าจนครบ 360 องศา
4. ทำขั้นตอนในข้อ 2 และ 3 ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งค่า x ถึงเส้นรอบวง
5. เก็บค่าเมตริกซ์ที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3.3 การจัดเตรียมข้อมูล

3.3.1 การรับภาพ

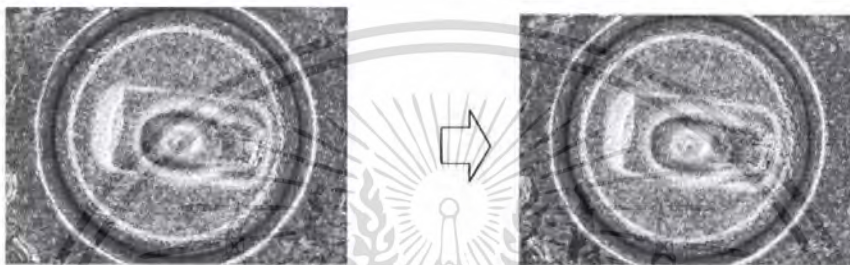
ภาพของปลอกกระสุนปืนที่รับเข้ามานั้นใช้การถ่ายด้วยกล้องแบบดิจิทัลซึ่งถ่ายในสภาวะที่มีการควบคุมอุปกรณ์ส่องสว่างและตำแหน่งต่างๆ ให้คงที่ โดยภาพถ่ายที่ได้จะมีขนาด 456 x 208

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การเปลี่ยนภาพสี (RGB) ให้เป็นภาพระดับสีเทา (gray scale)

เป็นการแปลงภาพสีที่ได้รับเข้ามาในรูปแบบของ RGB (Red Blue Green) เป็นความเข้มระดับสีเทาของตำแหน่งพิกเซลนั้นๆ โดยยังคงความสว่างไว้ที่ค่าเดิม

$$I = \frac{(R + G + B)}{3}$$



(ก)

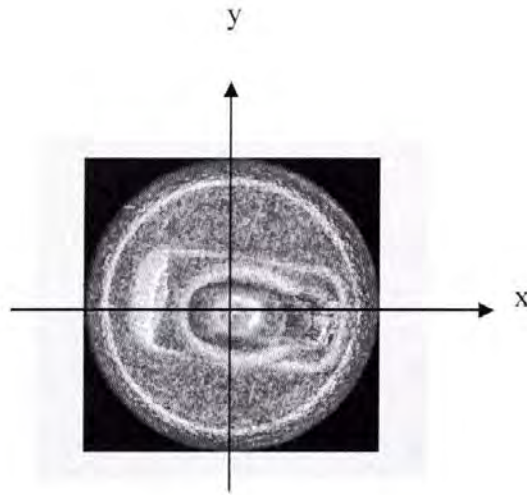
(ข)

รูปที่ 3.14 (ก) ภาพสีของส่วนที่เป็นแก๊ปของลูกกระสุนปืน (ข) ภาพระดับสีเทาของส่วนที่เป็นแก๊ปของลูกกระสุนปืน

3.4 การดึงคุณลักษณะเด่น

3.4.1 การประมวลผลเบื้องต้น

เนื่องจากภาพปลอกกระสุนปืนที่ได้จากกล้องในแต่ครั้งนั้นจะมีการหมุนไปในทิศทางที่ต่าง ๆ กันเพื่อทำให้การวัดค่าคุณลักษณะเด่นต่างๆ ของส่วนที่เป็นแก๊ปของลูกกระสุนปืนมีความสะดวกและแม่นยำมากขึ้นจึงทำการแปลงพิกัดจากพิกัดฉากของภาพส่วนที่เป็นแก๊ปของลูกกระสุนปืนที่เป็นวงกลมให้อยู่ในรูปแบบของพิกัดเชิงขั้วซึ่งจะได้ภาพในลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อให้สามารถนำมาใช้ร่วมกับการวิเคราะห์โดยใช้สมการฟูเรียร์ มีคุณสมบัติไม่เปลี่ยนแปลงตามการหมุน ซึ่งการหาพิกัดเชิงขั้วเป็นการแปลงพิกัด (x,y) เป็นพิกัด (r,θ) แล้วเก็บค่าลงในเมตริกซ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งค่าที่ได้จะครอบคลุมเฉพาะข้อมูลของส่วนที่เป็นแก๊ปของลูกกระสุนปืนเท่านั้น ทำให้เกิดข้อผิดพลาดลดลงเมื่อเทียบกับการใช้เมตริกซ์จัตุรัส ซึ่งจะมีพื้นหลังเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย



รูปที่ 3.15 ภาพส่วนที่เป็นแก่นของลูกกระสุนปืนที่ได้จากปลอกกระสุนปืน



รูปที่ 3.16 ภาพส่วนที่เป็นแก่นของลูกกระสุนปืนที่ได้จากการแปลงเป็นพิกัดเชิงขั้ว

(R_1, θ_1)	(R_1, θ_2)	(R_1, θ_3)	(R_1, θ_4)	.....	(R_1, θ_{360})
(R_2, θ_1)	(R_2, θ_2)	(R_2, θ_3)	(R_2, θ_4)	.....	(R_2, θ_{360})
(R_3, θ_1)	(R_3, θ_2)	(R_3, θ_3)	(R_3, θ_4)	.....	(R_3, θ_{360})
(R_r, θ_1)	(R_r, θ_2)	(R_r, θ_3)	(R_r, θ_4)	.....	(R_r, θ_{360})

รูปที่ 3.17 ลักษณะเมตริกซ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ได้จากการแปลงเป็นพิกัดเชิงขั้ว

3.4.2 การดึงคุณลักษณะเด่น

ปริญาณิพนธ์ฉบับนี้เลือกใช้อนุกรมฟูเรียร์ในการดึงคุณลักษณะเด่นของส่วนที่เป็นแก่นของลูกกระสุนปืนที่ได้จากภาพปลอกกระสุนปืน เนื่องจากสมการฟูเรียร์สามารถใช้ในการประมาณค่าและวิเคราะห์คุณสมบัติของสัญญาณ และลักษณะข้อมูลค่าระดับสีเทาของปลอกกระสุนปืนก็มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะเป็นสัญญาณ โดยนำค่าในแต่ละแถวของเมตริกซ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ได้จากการแปลงเป็น พิกัดเชิงขั้ว มาผ่านสมการฟูเรียร์เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ โดยเลือกมาใช้ที่จำนวน 30 ค่า

โดยสมการฟูเรียร์ที่ใช้คือ

$$f(x) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(n\omega x) + b_n \sin(n\omega x)] \tag{3.1}$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(x) \cos(n\omega x) dx \tag{3.2}$$

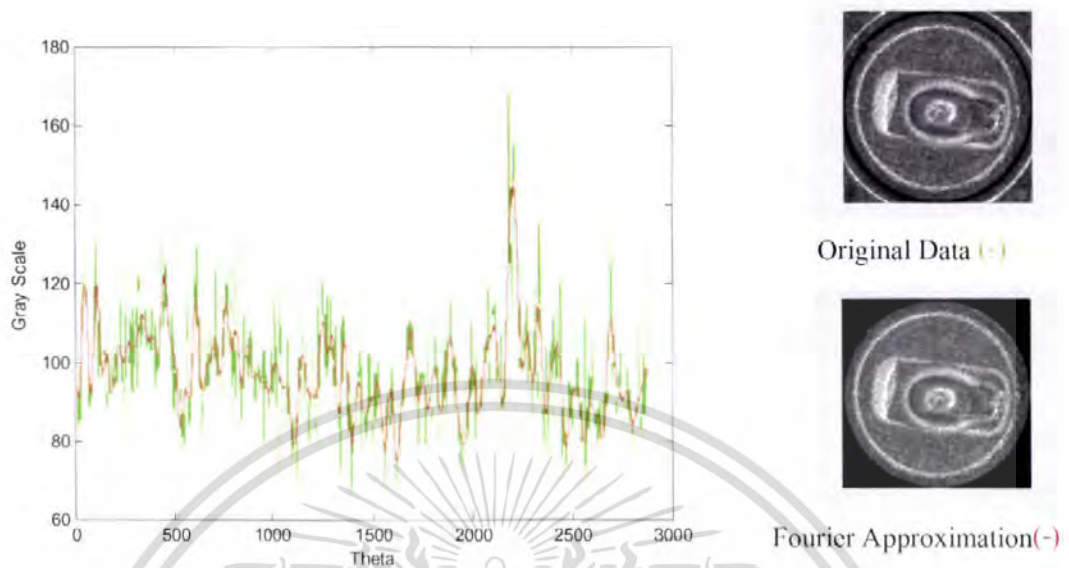
$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(x) \sin(n\omega x) dx \tag{3.3}$$

โดยที่ $c = a_n \pm b_n i$ โดยที่ a_n คือ พจน์ของจำนวนจริง และ b_n คือ พจน์ของจำนวนจินตภาพ

$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	$C_{1,3}$	$C_{1,4}$	$C_{1,5}$	$C_{1,6}$	.....	$C_{1,30}$
$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	$C_{2,3}$	$C_{2,4}$	$C_{2,5}$	$C_{2,6}$	.....	$C_{2,30}$
$C_{3,1}$	$C_{3,2}$	$C_{3,3}$	$C_{3,4}$	$C_{3,5}$	$C_{3,6}$	.....	$C_{3,30}$
\vdots							
$C_{r,1}$	$C_{r,2}$	$C_{r,3}$	$C_{r,4}$	$C_{r,5}$	$C_{r,6}$	.....	$C_{r,30}$

รูปที่ 3.18 เมตริกซ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์จากข้อมูลพิกัดเชิงขั้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

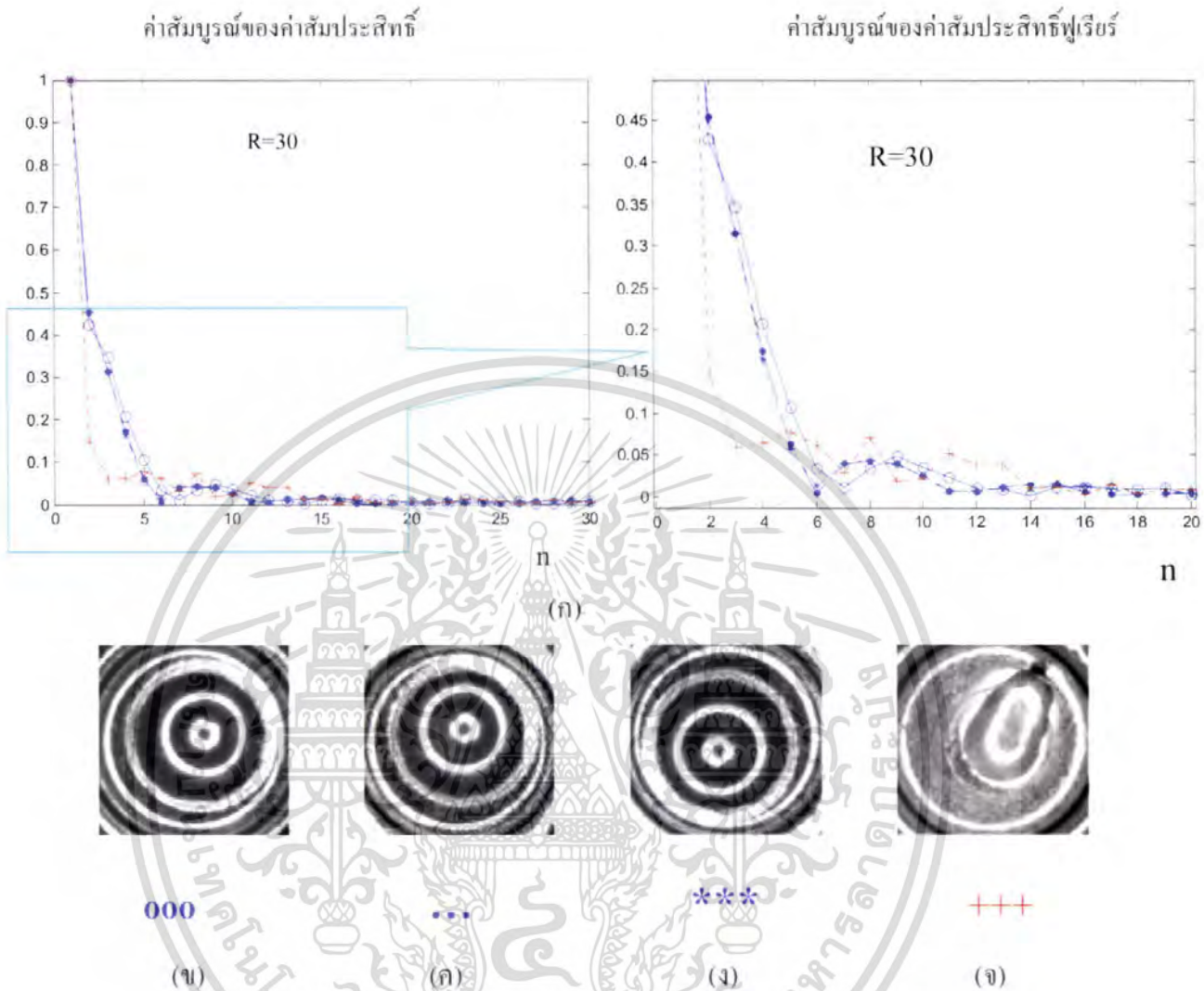


รูปที่ 3.19 การเปรียบเทียบระดับความเข้มเทาระหว่าง Original กับ Fourier Approximation

จากรูปที่ 3.19 จะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยที่ค่าของกราฟที่เกิดจาก Original Data จะมีความถี่มากกว่า กราฟที่เกิดจาก Fourier Approximation เนื่องจากการที่เรานำมาผ่านอนุกรมฟูรีเยร์นั้นเป็นการดึงคุณสมบัติทางความถี่ที่สำคัญของสัญญาณ ได้จากการกำหนดสัมประสิทธิ์ของอนุกรมฟูรีเยร์ที่เหมาะสม

3.4.3 การเปรียบเทียบค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์

จากการทดลองใช้ปลอกกระสุนปืนจากปืน BERETA 92FS ดังแสดงในรูป (ข) (ค) (ง) ซึ่งมีการหมุนของปลอกกระสุนปืนในองศาที่ต่างกัน และปลอกกระสุนปืนจากปืน STEYR M9 ดังแสดงในรูป (ง) จากนั้นนำมาหาค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ และเมื่อนำชุดข้อมูลของค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่รัศมีของส่วนที่เป็นเกลียวของปลอกกระสุนปืนเท่ากับ 30 มาพล็อตจะได้ดังรูป 3.20 (ก)



รูปที่ 3.20 (ก) ค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของส่วนที่เป็นแก๊ปของปลอกกระสุนปืน BERETA 92FS กับ STEYR M9 (ข), (ค), (ง) ส่วนที่เป็นแก๊ปของปลอกกระสุนปืน BERETA 92FS (จ) ส่วนที่เป็นแก๊ปของปลอกกระสุนปืนที่มาจากปืน STEYR M9

จากรูป 3.20 จะพบว่า ค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่รัศมีเท่ากับ 30 ของภาพส่วนที่เป็นแก๊ปของปลอกกระสุนปืนจากปืน BERETA 92FS ที่มีการหมุนในองศาที่ต่างกัน มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ทำให้สรุปได้ว่า การใช้สมการฟูเรียร์เข้ามาใช้วิเคราะห์ร่วมกับการใช้พิคคิงเชิงขั้ว สามารถแก้ปัญหาในเรื่องคุณสมบัติไม่เปลี่ยนแปลงตามการหมุนของปลอกกระสุนปืนได้ ส่วนค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของส่วนที่เป็นแก๊ปของปลอกกระสุนปืนที่ต่างชนิดกัน มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงค่าสัมบูรณ์ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

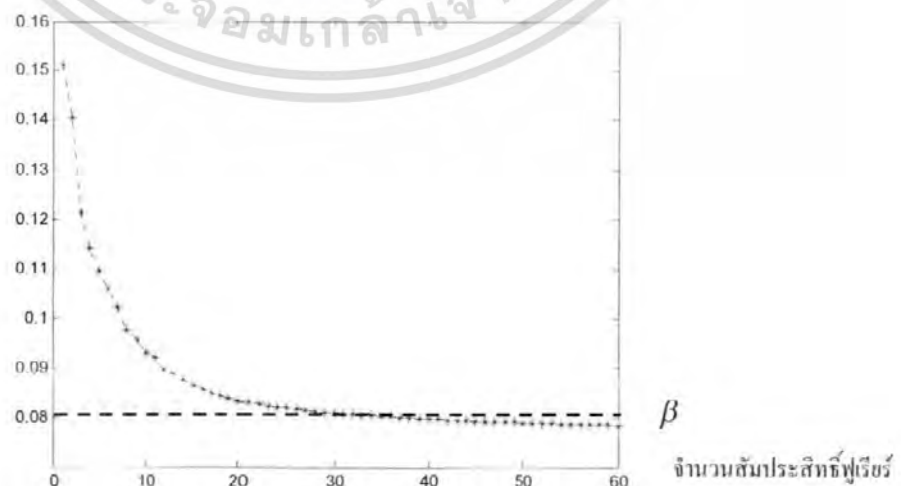
สัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ ที่ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งประสิทธิภาพของค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ในการแก้ปัญหาเรื่องคุณสมบัติไม่เปลี่ยนแปลงตามการหมุน สามารถอ้างอิงได้จาก [1]



รูปที่ 3.21 (ก) (ข) ภาพปลอกกระสุนปืนที่มาจากปืนกระบอกเดียวกัน

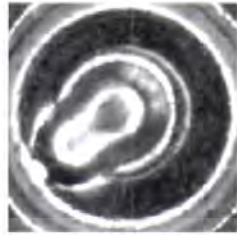
ซึ่งจากการทดลองพบปัญหาว่าปลอกกระสุนปืนทั้งสองปลอกจากรูปที่ 3.21 (ก) (ข) ซึ่งมาจากปืนกระบอกเดียวกัน แต่สีของภาพมีความแตกต่างกันเนื่องจากผลกระทบที่เกิดจากการสะท้อนของแสงบนโลหะต่างชนิดกัน เพื่อที่จะทำการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนที่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวดังกล่าว จึงได้ใช้โปรแกรมฟูเรียร์ด้วยจำนวนสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาดกำลังสอง ในการประมาณค่าฟูเรียร์ของ $f(r, \theta)$ และค่า β คือค่าขีดแบ่งที่ใช้สำหรับเลือกค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่เหมาะสม โดยที่ควรเลือกค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมเลือกจากค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่ทำให้ค่าเฉลี่ยค่าผิดพลาดยกกำลังสองมีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่ง β ซึ่งค่าของ β พิจารณาจากการทำการทดลอง โดยใช้ข้อมูลตัวอย่างที่มีอยู่ ดังรูปที่ 3.22

ค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาดในการประมาณค่าฟูเรียร์ของ $f(r, \theta)$

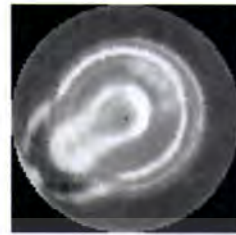


รูปที่ 3.22 ค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาดของการประมาณค่าฟูเรียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

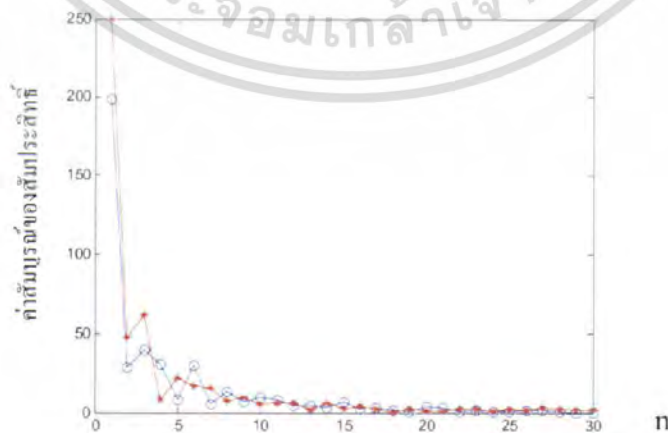
รูปที่ 3.23 (ก) ภาพฟลอกกระสุนปืนต้นแบบ (ข) ภาพฟลอกกระสุนปืนที่ผ่านการประมาณค่าของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์

นอกจากนั้นยังสามารถลดปัญหาความแตกต่างของภาพที่ได้จากฟลอกกระสุนปืนที่มีสีของโลหะต่างกันได้ โดยการนำผลรวมของระดับสีเทาที่ได้จากภาพฟลอกกระสุนปืนให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน(การทำนอมอไลซ์) โดยกำหนดให้ u_0^k มีค่าเท่ากับ 1 จากข้อกำหนดดังกล่าวทำให้สามารถกำหนดเวกเตอร์แสดงคุณสมบัติพิเศษของภาพฟลอกกระสุนปืนได้โดยค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ตามสมการดังต่อไปนี้

$$u_k^T = [1, u_1^k, \dots, u_m^k], (k=1, \dots, k) \tag{3.4}$$

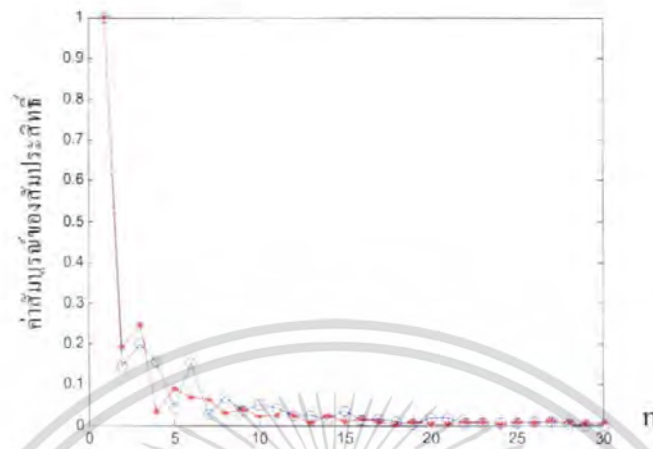
ดังนั้น

$$u_m^k = \frac{u_m^k}{u_0^k}$$



รูปที่ 3.24 ค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ก่อนทำให้อยู่ในรูปมาตรฐานเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 ค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่ให้อยู่ในรูปมาตรฐานเดียวกัน

จากรูปที่ 3.21 จะเห็นว่าค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่รัศมีเท่ากับ 20 ก่อนการทำให้อยู่ในรูปมาตรฐานเดียวกัน (การนำอมอไลซ์) ค่า a_0 มีค่าแตกต่างกันมาก ทำให้มีผลต่อการวิเคราะห์แบบยูคลิด จึงทำให้อยู่ในรูปมาตรฐานเดียวกัน เพื่อเป็นการลดความสำคัญของค่า a_0 และทำให้ค่าอื่นมีผลต่อการวิเคราะห์แบบยูคลิดมากขึ้น ซึ่งสามารถช่วยแก้ปัญหาสีของภาพที่เกิดจากการสะท้อนของแสงบนผิวโลหะที่แตกต่างกันได้

3.5 การตรวจสอบ

3.5.1 การหาระยะแบบยูคลิด

การจำแนกปลอกกระสุนปืนที่นำมาทดสอบ โดยการเปรียบเทียบกับปลอกกระสุนปืนอ้างอิง ในการทดลองนี้ใช้การเปรียบเทียบค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่ผ่านการอมอไลซ์แล้วของภาพปลอกกระสุนปืนที่อยู่ในพิคัดเชิงขั้ว จากนั้นทำการเปรียบเทียบ และหาค่าระยะแบบยูคลิด ของแต่ละปลอกกระสุนปืน จากสมการ (3.5)

$$\text{distance}(d) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2} \quad (3.5)$$

โดยที่ x คือ ค่าสัมบูรณ์ (ที่ผ่านการอมอไลซ์) ของปลอกกระสุนปืนอ้างอิง

y คือ ค่าสัมบูรณ์ (ที่ผ่านการอมอไลซ์) ของปลอกกระสุนปืนที่นำมาทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ค่าระยะแบบยูคลิดของทุกปลอกกระสุนปืนแล้ว ก็นำมาวิเคราะห์ และตรวจสอบว่ามาจากปืน กระบอกใดได้

จากปัญหาของชุดอุปกรณ์ในการถ่ายภาพ ซึ่งฐานที่ใช้สำหรับรองรับปลอกกระสุนปืนมีความ ไม่คงที่(แกว่ง) เมื่อมีการหมุนปลอกกระสุนปืนไปในองศาที่ต่างกัน ทำให้ภาพที่ได้มีจุดศูนย์กลาง ไม่ตรงกัน เมื่อนำภาพมาแปลงให้อยู่ในพิกัดเชิงขั้ว ทำให้มีการคลาดเคลื่อนของรัศมีที่จะนำมาใช้ ในการเปรียบเทียบ จึงได้มีการเปรียบเทียบแบบเหลี่ยมเส้น โดยการเทียบรัศมีที่ 6 ของปลอก กระสุนปืนอ้างอิง กับรัศมีที่ 1 ถึง 11 ของปลอกกระสุนปืนที่นำมาทดสอบ จากนั้นเลือกเอาค่าระยะ แบบยูคลิดที่มีค่าน้อยที่สุดมาใช้ แล้วเทียบรัศมีที่ 7 ของปลอกกระสุนปืนอ้างอิง กับรัศมีที่ 2 ถึง 12 ของปลอกกระสุนปืนที่นำมาทดสอบ แล้วเลือกเอาค่าระยะแบบยูคลิดที่มีค่าน้อยที่สุดมาใช้ จากนั้น ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ซึ่งจากการทดลองพบว่าวิธีเหลี่ยมเส้นนี้สามารถช่วยในการแยกแยะปลอก กระสุนปืนได้ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.26 (ก) ผลการเทียบระยะแบบยูคลิดแบบไม่มีการเหลื่อมเส้น (ข) ผลการเทียบระยะแบบ ยูคลิดแบบมีการเหลื่อมเส้น จำนวน 5 เส้น

ซึ่งจากรูปที่ 3.23 จะเห็นว่าเมื่อมีการเทียบระยะแบบยูคลิดแบบเหลื่อมเส้นจะสามารถแยกแยะ ปลอกกระสุนปืนได้ดีกว่าการเทียบระยะแบบยูคลิดแบบ ไม่มีการเหลื่อมเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจากปัญหาว่าเป็นกระบอกเดียวกัน แต่ในการยิงแต่ละครั้งมีรอยที่เกิดจากเข็มแทงชนวนต่างกัน ดังนั้นจึงแก้ปัญหานี้โดยการใช้ปลอกกระสุนปืนที่นำมาเป็นปลอกกระสุนปืนอ้างอิง จำนวน 3 ปลอก จากนั้นเทียบค่าระยะแบบชุกติระหว่างปลอกกระสุนปืนอ้างอิง ทั้ง 3 ปลอก กับปลอกกระสุนปืนที่นำมาทดสอบ แล้วเอาค่าน้อยที่สุดมาใช้ในการตรวจสอบ ซึ่งพบว่าผลที่ได้สามารถช่วยให้การตรวจสอบปลอกกระสุนปืน ได้ดีขึ้น ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 (ก) ผลการเทียบระยะแบบชุกติแบบมี 1 ปลอกอ้างอิง (ข) ผลการเทียบระยะแบบชุกติแบบมี 3 ปลอกอ้างอิง

3.5.2 ขั้นตอนการตรวจสอบ

ปลอกกระสุนปืนที่นำมาทำการตรวจสอบจะระบุว่าเป็นปลอกกระสุนปืนกระบอกเดียวกันกับปลอกกระสุนปืนอ้างอิง เมื่อ $\|u_k - v_k\| < \eta$ และถ้าไม่เป็นเช่นนั้นแล้วจะระบุว่าเป็นปลอกกระสุนปืนคนละกระบอกกับปลอกกระสุนปืนอ้างอิง โดยที่ $\|\cdot\|$ เป็นการคำนวณระยะห่างแบบชุกติ u_k คือ เวกเตอร์แสดงคุณลักษณะเด่นที่คำนวณได้จากปลอกกระสุนปืนอ้างอิง v_k คือ เวกเตอร์แสดงคุณลักษณะเด่นที่คำนวณได้จากปลอกกระสุนปืนที่นำมาตรวจสอบ และ η เป็นค่าขีดแบ่งสำหรับการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน

ในปริภูมิพหุคูณนี้ประสิทธิภาพของระบบจะแสดงได้โดยใช้เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการตรวจสอบ (error rate) ซึ่งจะมาจกค่าความผิดพลาด 2 ค่าคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) Fault Acceptance error rate คือ การที่รับค่าเข้ามาผิดพลาด กล่าวคือ การที่ระบบตรวจสอบและยอมรับปลอกกระสุนปืนที่เป็นปลอกกระสุนปืนคนละกระบอกกับปลอกกระสุนปืนอ้างอิง

(2) Fault Rejection error rate คือ การที่ตัดค่าออกผิดพลาด กล่าวคือ การที่ระบบ ตรวจสอบและปฏิเสธปลอกกระสุนปืนที่เป็นปลอกกระสุนปืนกระบอกเดียวกันกับปลอกกระสุนปืนอ้างอิง

โดยเราสามารถนำเอาค่า 2 ค่านี้แสดงอยู่ในรูปกราฟ โดยให้มีค่าเทรชโฮลด์ที่ใช้ในระบบ เป็นแกน x และค่า Fault Acceptance error rate และ Fault Rejection error rate เป็นแกน y จะทำให้ได้ค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสมกับระบบนั้นๆ

จากรูปที่ 3.24 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดทั้ง 2 ค่า และจะทำการเลือกค่าเทรชโฮลด์โดยพิจารณาจากตำแหน่งที่มีค่าความผิดพลาดทั้ง 2 ค่าใกล้เคียงกัน



-* - ชุดข้อมูลที่ 1 คือค่า Fault Acceptance

-x- ชุดข้อมูลที่ 2 คือค่า Fault Rejection

-- แกนนอน(x)แสดงค่าของค่าเทรชโฮลด์ที่เลือกใช้

-- แกนตั้ง(y)แสดง%ของชุดข้อมูล

รูปที่ 3.27 แสดงกราฟที่ใช้หาค่าเทรชโฮลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.27 พิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ทั้ง Fault Acceptance และ Fault Rejection ที่ใกล้เคียงกันที่สุดคือ ค่าเทรสโสตค์ที่ 7.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	ช
สารบัญตาราง	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ป्लอกกระสุนปืน	3
2.2 การแยกวัตถุจากภาพ	4
2.3 ฟังก์ชันคาบ	4
2.4 การแปลงพิกัดฉากเป็นพิกัดเชิงขั้ว	5
2.5 การประมาณค่าด้วยฟูเรียร์	7
2.6 การวิเคราะห์แบบยูทิลิตี	9
บทที่ 3 การออกแบบระบบและวิธีการทดลอง	
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	10
3.1.1 การเลือกใช้งานกล้อง และเลนส์	10
3.1.2 ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกใช้งานกล้องและเลนส์	10
3.1.3 การออกแบบอุปกรณ์ส่องสว่าง	11
3.1.4 การออกแบบฐานในการรองรับป्लอกกระสุนปืนในการถ่ายภาพ	15
3.2 การออกแบบระบบ	16
3.2.1 การหาขอบภาพของส่วนที่เป็นแก๊ปของป्लอกกระสุนปืน	16
3.2.2 การใช้พิกัดเชิงขั้วมาใช้ในการวิเคราะห์	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

3.3	การจัดเตรียมข้อมูล	19
3.3.1	การรับภาพ	19
3.3.2	การเปลี่ยนภาพสีให้เป็นภาพระดับสีเทา	20
3.4	การดึงคุณลักษณะเด่น	21
3.4.1	การประมวลผลเบื้องต้น	21
3.4.2	การดึงคุณลักษณะเด่น	22
3.4.3	การเปรียบเทียบค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์	23
3.5	การตรวจสอบ	27
3.5.1	การหาระยะแนวยุคคิด	27
3.5.2	ขั้นตอนการตรวจสอบ	29
บทที่ 4 ผลการทดลอง		
4.1	การทดลอง	32
4.1.1	ภาพที่ได้จากการถ่ายในสภาวะแสงปกติ	33
4.1.2	ภาพที่ได้จากการถ่ายในสภาวะที่มีการควบคุมแสงจากอุปกรณ์ส่องสว่างที่ 1	33
4.1.3	ภาพที่ได้จากการถ่ายในสภาวะที่มีการควบคุมแสงจากอุปกรณ์ส่องสว่างที่ 2	33
4.1.4	ภาพที่ได้จากการถ่ายในสภาวะที่มีการควบคุมแสงจากอุปกรณ์ส่องสว่างที่ 3	34
4.2	รูปปลอกกระสุนปืนที่ใช้ในการทดลอง	34
4.2.1	รูปปลอกกระสุนปืนที่นำมาใช้ในการทดลอง	34
4.2.2	รูปปลอกกระสุนปืนที่อยู่ในพิกัดเชิงั่ว	36
4.2.3	ผลการเปรียบเทียบค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของปลอกกระสุนปืน	38
4.3	ผลการจำแนกปลอกกระสุนปืนโดยใช้พิกัดเชิงั่วและสมการฟูเรียร์เข้ามาช่วย	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

4.4 ผลการทดลอง	42
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินโครงการ	
5.1 ปัญหาและอุปสรรคของการดำเนินโครงการ	46
5.2 แนวทางการพัฒนาโครงการ	46
5.3 สรุป	46



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลอง

ภาพที่ใช้ในการทดลองได้มาจากการถ่ายภาพของปลอกกระสุนปืนด้วยการใช้กล้องดิจิทัล โดยมีการควบคุมตำแหน่งและไฟส่องสว่างให้คงที่ โดยข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย ภาพถ่ายปลอกกระสุนปืนจำนวน 112 ภาพ จากปืนขนาด 9 มม. จำนวน 6 กระบอก โดยมีปืน 3 กระบอก ที่เป็นปืนโมเดลเดียวกัน ผลผลิตจากบริษัทเดียวกัน คือ GLOCK17 , GLOCK26 กระบอกที่ 1, GLOCK26 กระบอกที่ 2 ส่วนอีก 3 กระบอกเป็นปืนต่างโมเดลกัน ผลผลิตจากต่างบริษัทกัน คือ BERETTA 92FS , STW , STEYR M9 ซึ่งจากรูปที่ 4.1 เป็นตัวอย่างของภาพปลอกกระสุนปืนที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างปลอกกระสุนปืนที่นำมาใช้ในการตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 ภาพที่ได้จากการถ่ายในสถานะแสงปกติ

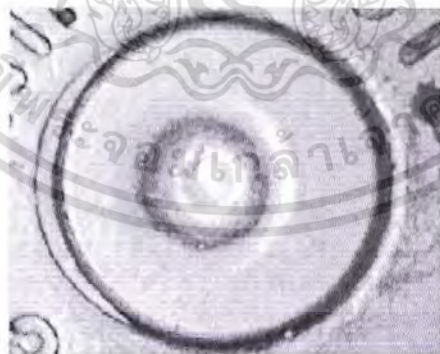
จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าภาพที่ถ่ายในสถานะที่ไม่มีการควบคุมแสง ภาพที่ได้จะมีการสะท้อนของแสงมากและมีการสะท้อนแสงไม่สม่ำเสมอ ทำให้ไม่สามารถนำรูปที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์ได้



รูปที่ 4.2 ภาพปลอกกระสุนปืนในสถานะแสงปกติ

4.1.2 ภาพที่ได้จากการถ่ายในสถานะที่มีการควบคุมแสงจากอุปกรณ์ส่องสว่างที่ 1

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าภาพที่ถ่ายในสถานะที่มีการควบคุมแสงจากอุปกรณ์ส่องสว่างที่ 1 ภาพที่ได้จะมีการสะท้อนของแสงน้อยกว่ารูปที่ 4.2 แต่ยังคงมีการสะท้อนแสงไม่สม่ำเสมอ เมื่อมีการหมุนปลอกกระสุนปืนไปในองศาที่ต่างกัน ทำให้ไม่สามารถนำรูปที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์ได้

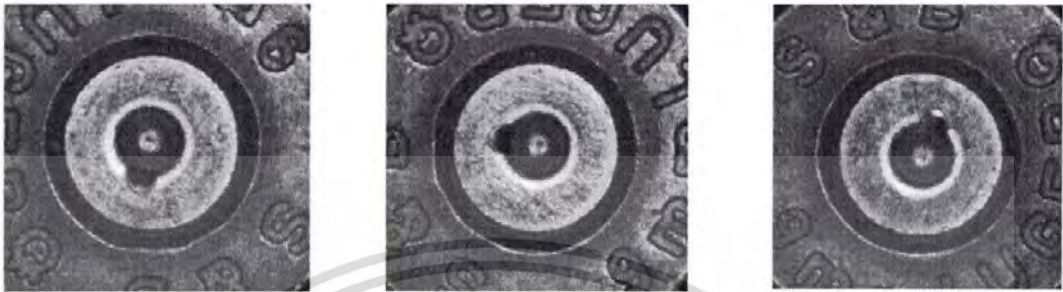


รูปที่ 4.3 ภาพปลอกกระสุนปืนที่ถ่ายโดยใช้อุปกรณ์ส่องสว่างที่ 1

4.1.3 ภาพที่ได้จากการถ่ายในสถานะที่มีการควบคุมแสงจากอุปกรณ์ส่องสว่างที่ 2

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นว่าภาพที่ถ่ายในสถานะที่มีการควบคุมแสงจากอุปกรณ์ส่องสว่างที่ 2 ภาพที่ได้เกิดแสงสะท้อนน้อยกว่ารูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 แต่รายละเอียดต่าง ๆ ยังไม่ชัดเจน และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสะท้อนของแสงเมื่อมีการหมุนปลอกกระสุนปืนยังไม่คงที่ ซึ่งยังไม่สามารถนำรูปที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์แยกแยะได้



รูปที่ 4.4 ภาพปลอกกระสุนปืนที่ถ่ายโดยใช้อุปกรณ์ส่องสว่างที่ 2

4.1.4 ภาพที่ได้จากการถ่ายในสถานะที่มีการควบคุมแสงจากอุปกรณ์ส่องสว่างที่ 3

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นว่าภาพที่ถ่ายในสถานะที่มีการควบคุมแสงจากอุปกรณ์ส่องสว่างที่ 3 ภาพที่ได้เกิดแสงสะท้อนน้อยมาก มีรายละเอียดของรอยที่เกิดจากเข็มแทงชนวนค่อนข้างชัดเจนกว่าภาพที่ถ่ายในสถานะที่มีการควบคุมแสงจากอุปกรณ์ส่องสว่างแบบอื่น ๆ อีกทั้งแสงสะท้อนที่เกิดเมื่อมีการหมุนปลอกกระสุนปืนไปในองศาที่แตกต่างกันมีความสม่ำเสมอ ดังนั้นจึงสามารถนำภาพที่ได้จากการใช้อุปกรณ์ส่องสว่างที่ 3 นี้ไปใช้ในการประมวลผลได้



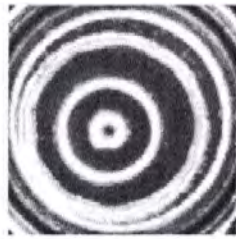
รูปที่ 4.5 ภาพปลอกกระสุนปืนที่ถ่ายโดยใช้อุปกรณ์ส่องสว่างที่ 3

4.2 รูปปลอกกระสุนปืนที่ใช้ในการทดลอง

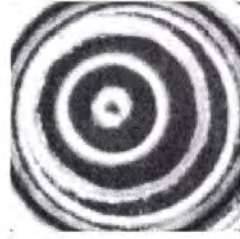
4.2.1 รูปปลอกกระสุนปืนที่นำมาใช้ในการทดลอง

รูปปลอกกระสุนปืนที่นำมาใช้ในการทดลอง ซึ่งมาจากปืน BERETTA 92FS ดังรูปที่ 4.6 เป็นปลอกกระสุนปืนอ้างอิง และปลอกกระสุนปืนอื่น ๆ มาเป็นปลอกกระสุนปืนที่ใช้ทำการทดสอบ

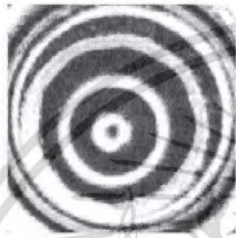
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



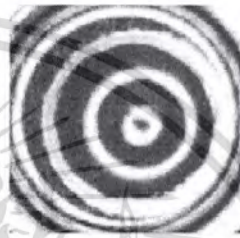
(ก)



(ข)

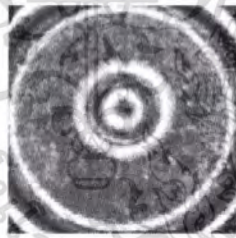


(ค)

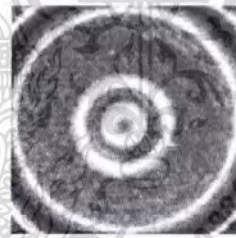


(ง)

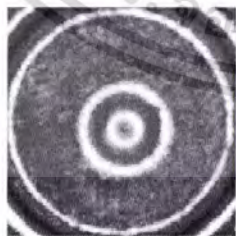
รูปที่ 4.6 (ก) (ข) (ค) (ง) รูปปลอกกระสุนปืนที่มาจากปืน BERETTA 92FS



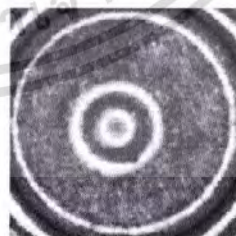
(ก)



(ข)



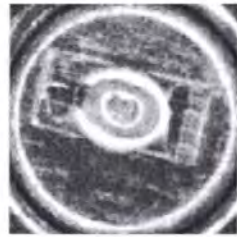
(ค)



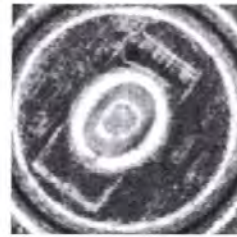
(ง)

รูปที่ 4.7 (ก) (ข) (ค) (ง) รูปปลอกกระสุนปืนที่มาจากปืน FNH

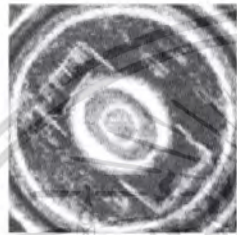
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



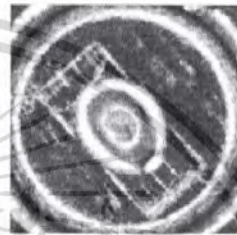
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

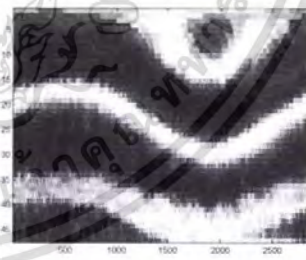
รูปที่ 4.8 (ก) (ข) (ค) (ง) รูปปลอกกระสุนปืน GLOCK 17

4.2.2 รูปปลอกกระสุนปืนที่อยู่ในพิกัดเชิงขั้ว

รูปปลอกกระสุนปืนที่อยู่ในพิกัดเชิงขั้ว ที่ได้จากการแปลงรูปที่ 4.6 -4.8 ซึ่งอยู่ในรูปพิกัดฉากให้อยู่ในรูปพิกัดเชิงขั้ว ดังรูปที่ 4.9 – 4.11



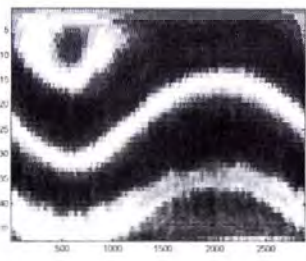
(ก)



(ข)



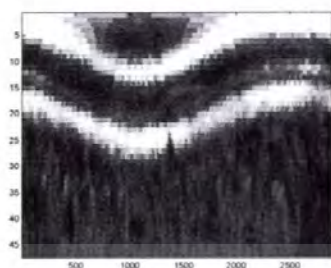
(ค)



(ง)

รูปที่ 4.9 (ก) (ข) (ค) (ง) พิกัดเชิงขั้ว ของปลอกกระสุนปืนที่มาจากปืน BERETTA 92FS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)

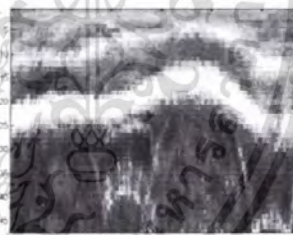


(ง)

รูปที่ 4.10 (ก) (ข) (ค) (ง) พิกัดเชิงขั้วของปลอกกระสุนปืน FNH



(ก)



(ข)



(ค)



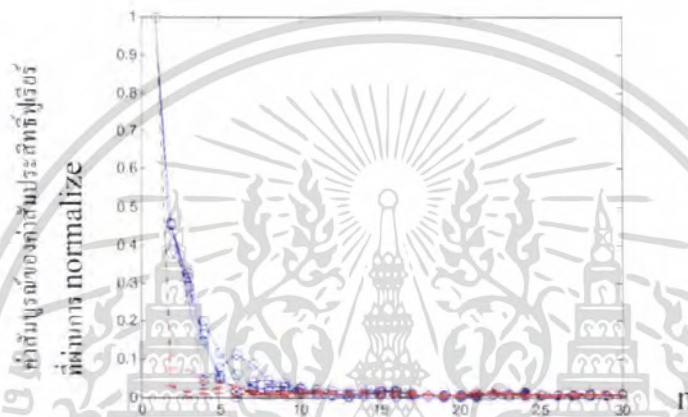
(ง)

รูปที่ 4.11 (ก) (ข) (ค) (ง) พิกัดเชิงขั้วของปลอกกระสุนปืนที่มาจากปืน GLOCK17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

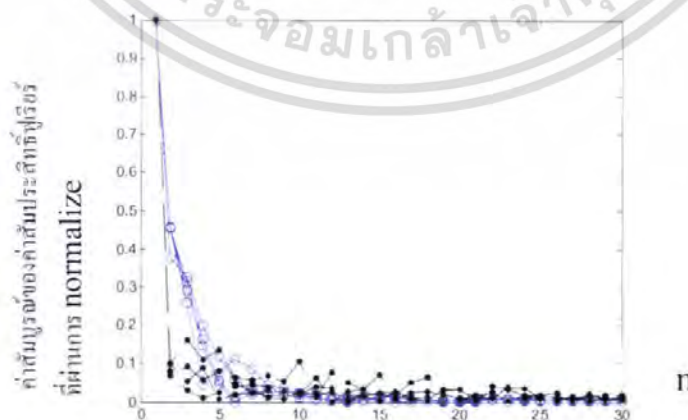
4.2.3 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของปลอกกระสุนปืน

จากการทดลองใช้ค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของปลอกกระสุนปืนที่มาจากปืน BERETTA 92FS และ ปืน FNH โดยนำชุดข้อมูลของค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่รัศมีของส่วนที่เป็นแก๊ปของปลอกกระสุนปืนเท่ากับ 30 นาพล็อตจะได้ดังรูป 4.12 ซึ่งจะเห็นว่าค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของปลอกกระสุนปืนจากปืน BERETTA 92FS และ FNH มีแนวโน้มที่แยกออกจากกันอย่างเห็นได้ชัด



รูปที่ 4.12 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์จากปืน BERETTA 92FS และ FNH

และจากการทดลองใช้ค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของปลอกกระสุนปืนที่มาจากปืน BERETTA 92FS และ GLOCK17 นำชุดข้อมูลของค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่รัศมีของส่วนที่เป็นแก๊ปของปลอกกระสุนปืนเท่ากับ 30 นาพล็อตจะได้ดังรูป 4.13



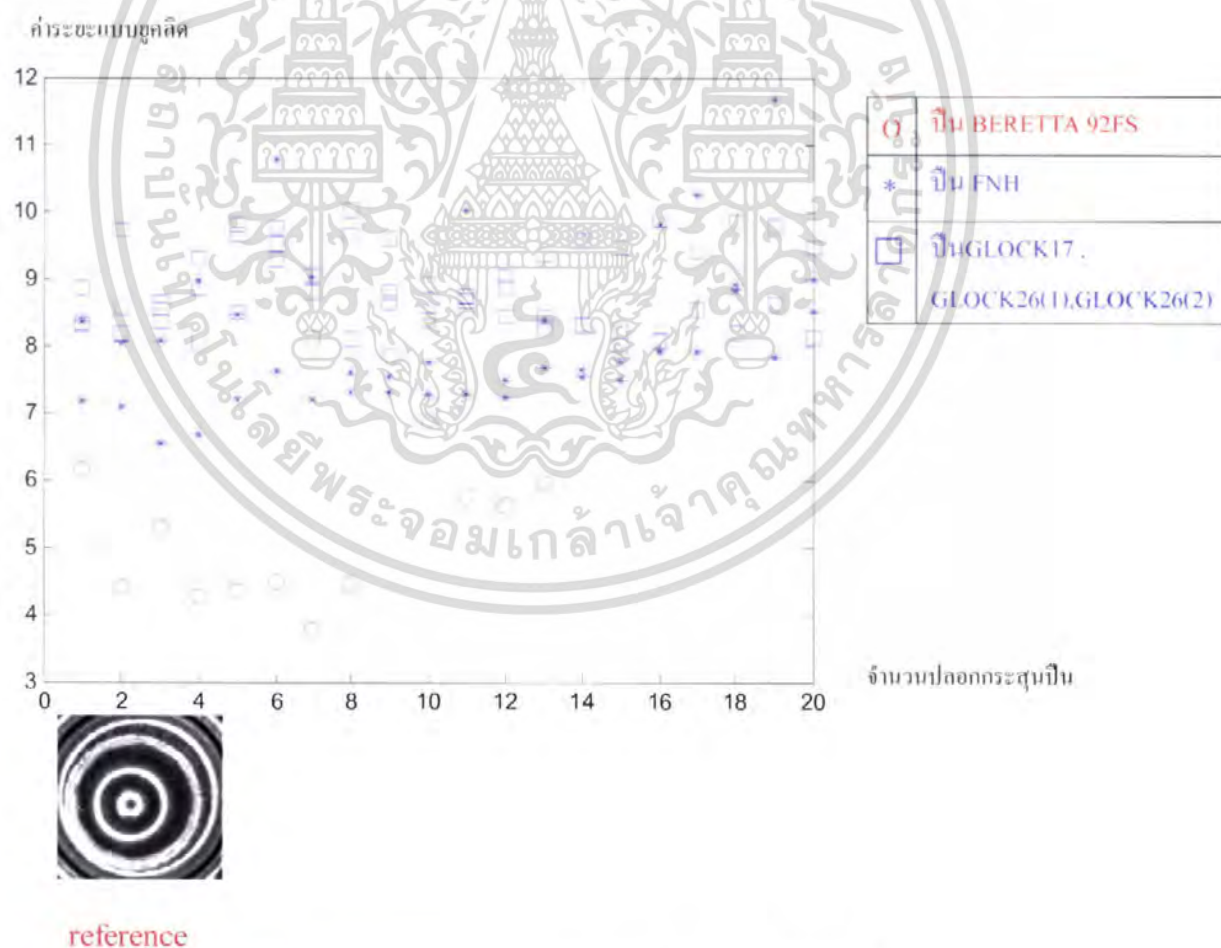
รูปที่ 4.13 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์จากปืน BERETTA 92FS และ GLOCK17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.13 จะเห็นว่าค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของปลอกกระสุนปืนจากปืน BERETTA 92FS และ GLOCK17 มีแนวโน้มที่แยกออกจากกันอย่างเห็นได้ชัดทำให้สรุปได้ว่าการใช้สมการฟูเรียร์เข้ามาใช้วิเคราะห์ร่วมกับการใช้พิคคิงเชิงขั้ว สามารถแยกปลอกกระสุนปืนที่มาจากปืนคนละกระบอกกันได้

4.3 ผลการจำแนกปลอกกระสุนปืนโดยใช้พิคคิงเชิงขั้วและสมการฟูเรียร์เข้ามาช่วย

จากการทดลองทำโดยการ ใช้ปลอกกระสุนปืนทั้งจากปืนกระบอกเดียวกัน และปืนคนละกระบอก โดยทำการแปลงพิคคิงเชิงขั้ว แล้วหาค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ จากนั้นนำมาทำการนอมอไลซ์ โดยใช้ปลอกกระสุนปืนที่นำเข้มากรูปแรกเป็นปลอกกระสุนปืนอ้างอิงในการคิดค่าระยะห่างแบบยูคลิด เพื่อทำการแยกแยะซึ่งจากรูปที่ 4.14 แสดงค่าระยะห่างแบบยูคลิด ระหว่างปลอกกระสุนปืนอ้างอิงกับปลอกกระสุนปืนที่นำมาทดสอบ



รูปที่ 4.14 ผลการทดลองในการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.14 เป็นการเปรียบเทียบระยะห่างแบบชุกถิด ระหว่างปลอกกระสุนปืนที่มาจาก ปืน BERETTA 92FS , FNH , GLOCK17 จะเห็นได้ว่า ระยะห่างแบบชุกถิดที่คำนวณได้จากปืน กระบอกเดียวกันมีค่าค่อนข้างน้อยกว่าระยะห่างแบบชุกถิดที่คำนวณได้จากปืนคนละกระบอกกัน

จากกราฟรูปที่ 4.14 สามารถนำไปหาค่าเทรสโฮลด์ได้ โดยการนำค่า Fault Rejection และ ค่า Fault Acceptance เข้ามาช่วย โดยจะเลือกค่า Threshold จาก ค่า Fault Rejection และค่า Fault Acceptance ที่มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด

Threshold	Fault Rejection	Fault Acceptant
0	100	0
0.2	100	0
0.4	100	0
0.6	100	0
0.8	100	0
1	100	0
1.2	100	0
1.4	100	0
1.6	100	0
1.8	100	0
2	100	0
2.2	100	0
2.4	100	0
2.6	100	0
2.8	100	0
3	100	0
3.2	100	0
3.4	100	0
3.6	100	0
3.8	92.31	0
4	92.31	0
4.2	92.31	0
4.4	92.31	0
4.6	53.85	0
4.8	53.85	0
5	53.85	0
5.2	53.85	0
5.4	46.15	0
5.6	46.15	0
5.8	30.77	0
6	23.08	0
6.2	15.39	0
6.4	15.39	0
6.6	15.39	1.04
6.8	15.39	2.08

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า Fault Rejection และ Fault Acceptant ที่แต่ละเทรสโฮลด์

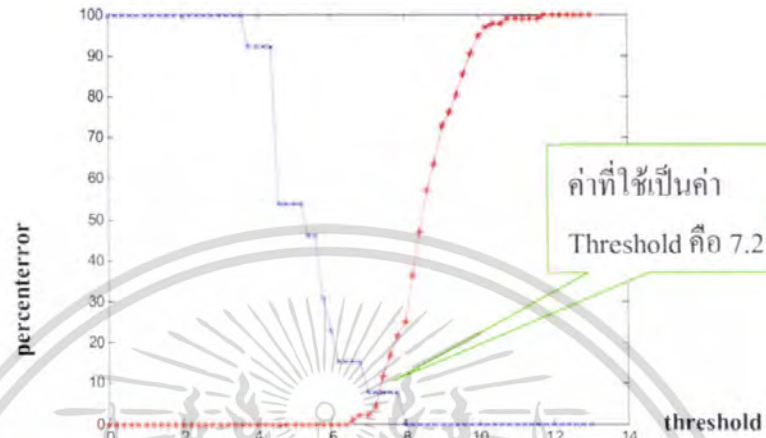
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Threshold	Fault Rejection	Fault Acceptant
7	7.69	2.08
7.2	7.69	4.17
7.4	7.69	11.46
7.6	7.69	16.67
7.8	7.69	21.88
8	0	25
8.2	0	36.42
8.4	0	46.88
8.6	0	57.29
8.8	0	63.54
9	0	72.92
9.2	0	76.04
9.4	0	80.21
9.6	0	85.42
9.8	0	90.63
10	0	94.79
10.2	0	96.88
10.4	0	97.92
10.6	0	97.92
10.8	0	98.96
11	0	98.96
11.2	0	98.96
11.4	0	98.96
11.6	0	98.96
11.8	0	100
12	0	100
12.2	0	100
12.4	0	100
12.6	0	100
12.8	0	100
13	0	100

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) แสดงค่า Fault Rejection และ Fault Acceptant ที่แต่ละเทรตโฮลต์

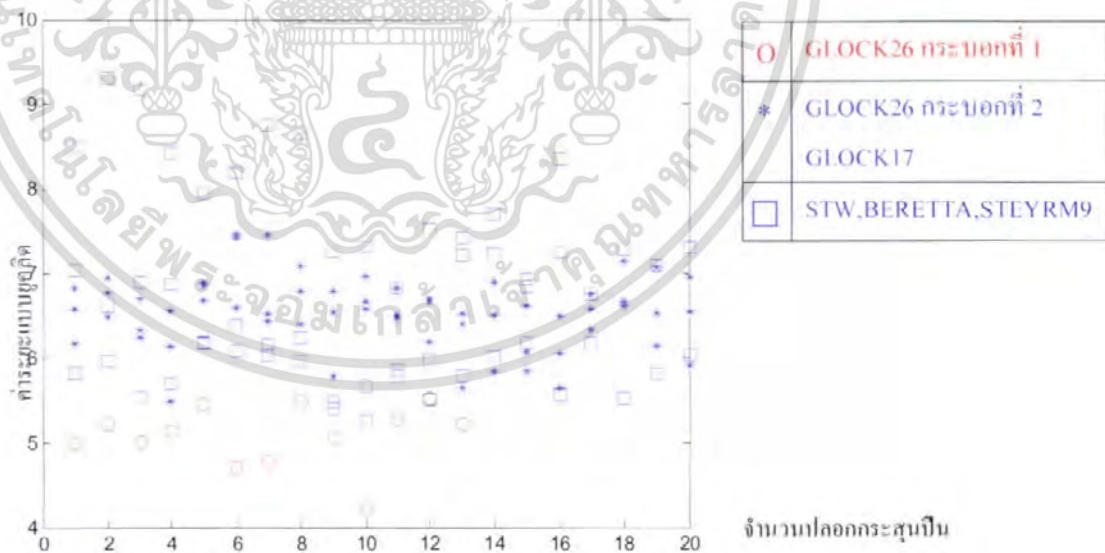
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกค่า Threshold จาก ค่า Fault Rejection และค่า Fault Acceptance ที่มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด ซึ่งจากรูปที่ 4.15 Threshold ที่ 7.2 มี ค่า Fault Rejection และค่า Fault Acceptance ใกล้เคียงกันที่สุด



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงช่วงของค่าเทรชโฮลด์ที่สามารถใช้งานได้

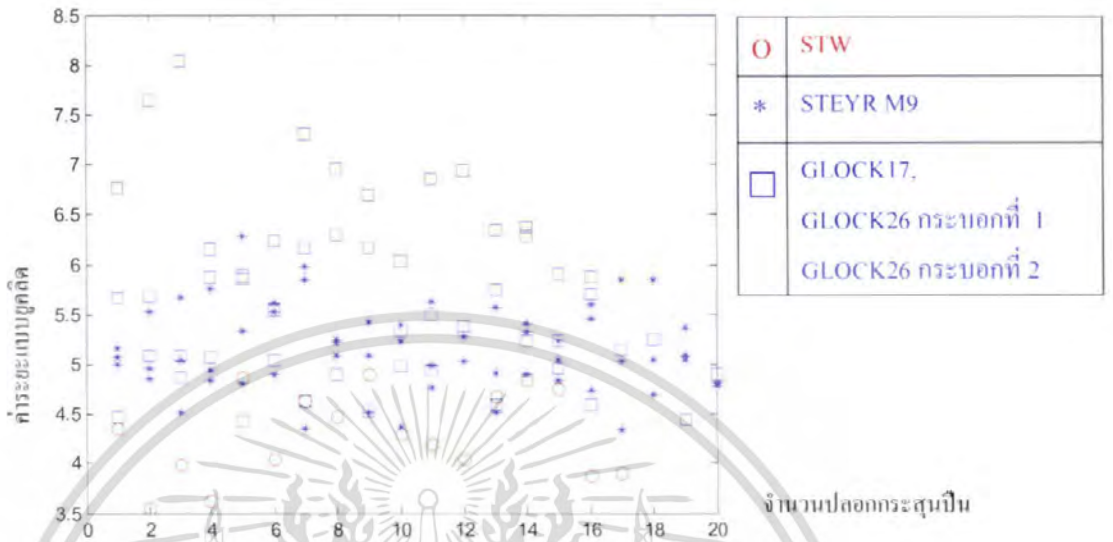
4.4 ผลการทดลอง



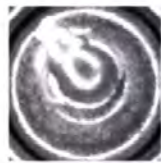
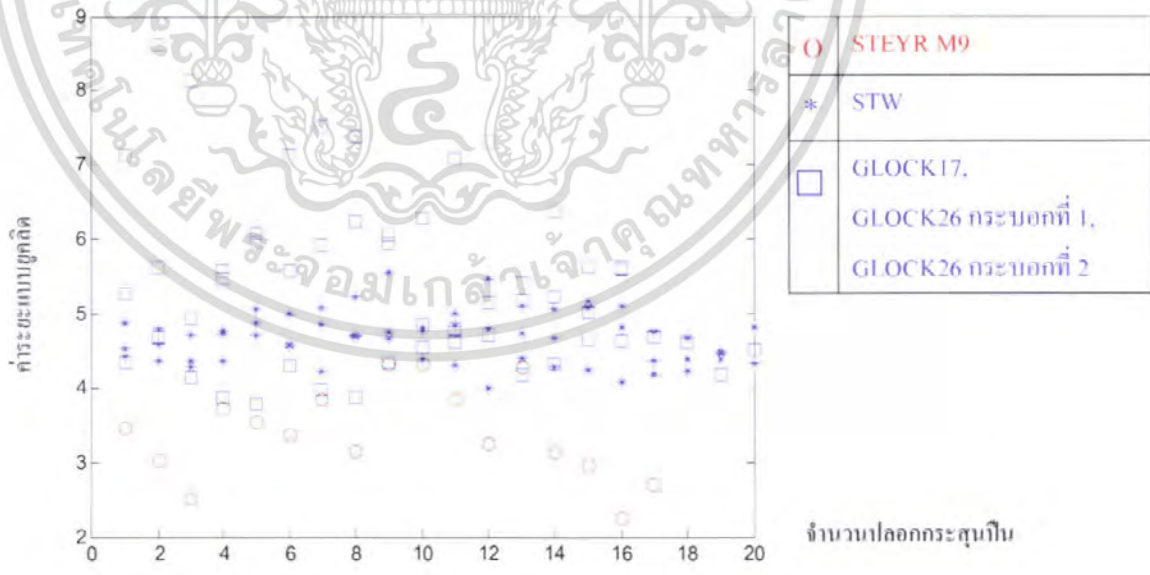
reference

(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



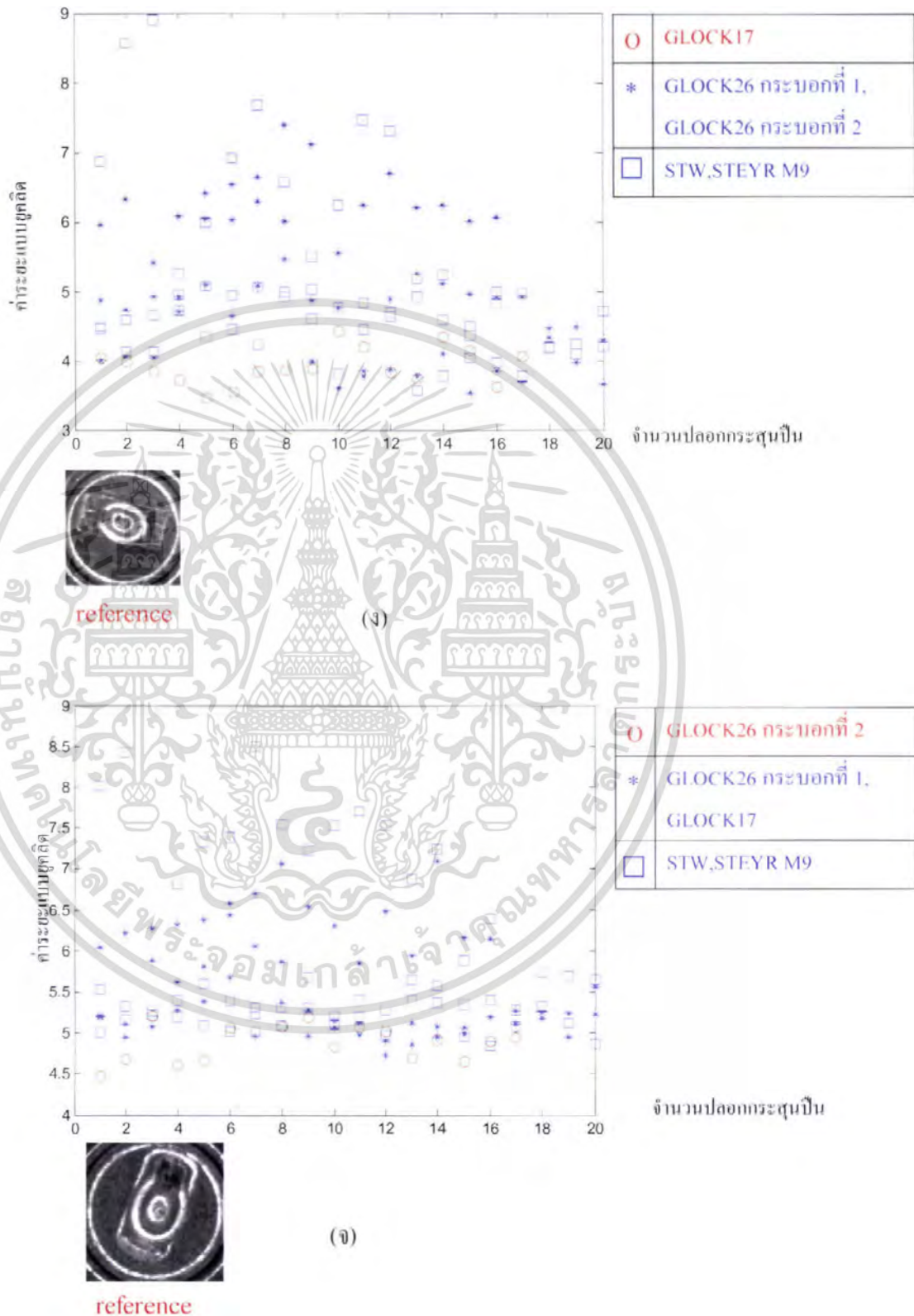
reference



reference

(ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 (ก) (ข) (ค) (ง) (จ) ผลการทดลองในการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปืน	จำนวนภาพจาก ปืนกระบอก เดียวกัน	จำนวนภาพจากปืน ต่างกระบอกกัน	Fault Rejection (%)	Fault Acceptance (%)	Threshold
GLOCK17	20	92	17.65	23.21	4.2
GLOCK26(1)	16	96	0	6.89	5.6
GLOCK26(2)	20	92	5.88	33.04	5.2
BERETTA92FS	16	96	7.69	4.17	7.2
STW	20	92	15.31	17.65	4.8
STEYR M9	20	92	17.65	9.01	4.2
ค่าเฉลี่ย			10.70	15.66	5.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า Threshold ของปืนแต่ละกระบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1	โครงสร้างของปืน	3
รูปที่ 2.2	ตำแหน่งของภาพรอยเข็มแทงชนวนที่ใช้ในการตรวจสอบ	3
รูปที่ 2.3	การแยกวัตถุออกจากภาพโดยวิธี Line Crossing	4
รูปที่ 2.4	รูปที่ได้จากการแยกวัตถุออกจากภาพ โดยวิธี Line Crossing	4
รูปที่ 2.5	ตัวอย่างฟังก์ชันคาบ	5
รูปที่ 2.6	ความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดฉากกับพิกัดเชิงขั้ว	6
รูปที่ 2.7	ความเป็นฟังก์ชันคาบของพิกัดเชิงขั้ว	6
รูปที่ 3.1	แสดงกล้องและเลนส์ที่ใช้ในการถ่ายภาพ	11
รูปที่ 3.2	อุปกรณ์ส่องสว่างที่ 1	12
รูปที่ 3.3	รูปที่ได้จากการถ่ายจากอุปกรณ์ส่องสว่างรูปที่ 3.2	12
รูปที่ 3.4	ลายวงจรอุปกรณ์ส่องสว่าง	13
รูปที่ 3.5	อุปกรณ์ส่องสว่างที่ 2	13
รูปที่ 3.6	รูปที่ได้จากการถ่ายจากอุปกรณ์ส่องสว่างรูปที่ 3.5	14
รูปที่ 3.7	อุปกรณ์ส่องสว่างชนิด Low-angle Ring Light	14
รูปที่ 3.8	ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพ	15
รูปที่ 3.9	ฐานที่ใช้ในการรองรับปลอกกระสุนปืนอันที่ 1	15
รูปที่ 3.10	ฐานที่ใช้ในการรองรับปลอกกระสุนปืนอันที่ 2	16
รูปที่ 3.11	อัลกอริทึมในการหาจุดขาวสุดของภาพ	17
รูปที่ 3.12	(ก) รูปปลอกกระสุนปืนที่ 1 (ข) รูปปลอกกระสุนปืนที่ 2	18
รูปที่ 3.13	อัลกอริทึมในการใช้พิกัดเชิงขั้ว	19
รูปที่ 3.14	(ก) ภาพสีของส่วนที่เป็นแก๊ปของลูกกระสุนปืน (ข) ภาพระดับสีเทาของส่วนที่เป็นแก๊ปของลูกกระสุนปืน	20
รูปที่ 3.15	ภาพส่วนที่เป็นแก๊ปของลูกกระสุนปืนที่ได้จากปลอกกระสุนปืน	21
รูปที่ 3.16	ภาพส่วนที่เป็นแก๊ปของลูกกระสุนปืนที่ได้จากการแปลงเป็นพิกัดเชิงขั้ว	21
รูปที่ 3.17	ลักษณะเมตริกซ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ได้จากการแปลงเป็นพิกัดเชิงขั้ว	21
รูปที่ 3.18	เมตริกซ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์จากข้อมูลพิกัดเชิงขั้ว	22
รูปที่ 3.19	การเปรียบเทียบระดับความเข้มเทา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ระหว่าง Original กับ Fourier Approximation	23
รูปที่ 3.20 (ก) ค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของส่วนที่เป็น แก๊ปของปลอกกระสุนปืน BERETA 92FS กับ STEYR M9	
(ข) (ค) (ง) ส่วนที่เป็นแก๊ปของปลอกกระสุนปืน BERETA 92FS	
(จ) ส่วนที่เป็นแก๊ปของปลอกกระสุนปืนที่มาจากปืน STEYR M9	24
รูปที่ 3.20 (ก) (ข) ภาพปลอกกระสุนปืนที่มาจากปืนกระบอกเดียวกัน	25
รูปที่ 3.21 ค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาดของการประมาณค่าฟูเรียร์	25
รูปที่ 3.22 (ก) ภาพปลอกกระสุนปืนต้นแบบ	
(ข) ภาพปลอกกระสุนปืนที่ผ่านการประมาณค่าของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์	26
รูปที่ 3.23 ค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ก่อนทำให้อยู่ในรูปมาตรฐานเดียวกัน	26
รูปที่ 3.24 ค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่ทำให้อยู่ในรูปมาตรฐานเดียวกัน	27
รูปที่ 3.25 (ก) ผลการเทียบระยะแบบบูลิเดแบบไม่มีการเหลื่อมเส้น	
(ข) ผลการเทียบระยะแบบบูลิเดแบบมีการเหลื่อมเส้น จำนวน 5 เส้น	28
รูปที่ 3.26 (ก) ผลการเทียบระยะแบบบูลิเดมี 1 ปลอกอ้างอิง	
(ข) ผลการเทียบระยะแบบบูลิเดแบบมี 3 ปลอกอ้างอิง	29
รูปที่ 3.27 แสดงกราฟที่ใช้หาค่าทรสโสด	30
รูปที่ 4.1 ตัวอย่างปลอกกระสุนปืนที่นำมาใช้ในการตรวจสอบ	32
รูปที่ 4.2 ภาพปลอกกระสุนปืนในสภาวะแสงปกติ	33
รูปที่ 4.3 ภาพปลอกกระสุนปืนที่ถ่ายโดยใช้อุปกรณ์ส่องสว่างที่ 1	33
รูปที่ 4.4 ภาพปลอกกระสุนปืนที่ถ่ายโดยใช้อุปกรณ์ส่องสว่างที่ 2	34
รูปที่ 4.5 ภาพปลอกกระสุนปืนที่ถ่ายโดยใช้อุปกรณ์ส่องสว่างที่ 3	34
รูปที่ 4.6 (ก) (ข) (ค) (ง) รูปปลอกกระสุนปืนที่มาจากปืน BERETTA 92FS	35
รูปที่ 4.7 (ก) (ข) (ค) (ง) รูปปลอกกระสุนปืนที่มาจากปืน FNH	35
รูปที่ 4.8 (ก) (ข) (ค) (ง) รูปปลอกกระสุนปืน GLOCK 17	36
รูปที่ 4.9 (ก) (ข) (ค) (ง) พิกัดเชิงขั้ว ของปลอกกระสุนปืน ที่มาจากปืน BERETTA 92FS	36
รูปที่ 4.10 (ก) (ข) (ค) (ง) พิกัดเชิงขั้วของปลอกกระสุนปืน FNH	37
รูปที่ 4.11 (ก) (ข) (ค) (ง) พิกัดเชิงขั้วของปลอกกระสุนปืน GLOCK 17	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.12 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์จากปืน BERETTA 92FS และ FNH	38
รูปที่ 4.13 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์จากปืน BERETTA 92FS และ GLOCK17	38
รูปที่ 4.14 ผลการทดลองในการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน	39
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงช่วงของค่าเทรสโวลต์ที่สามารถใช้งานได้	42
รูปที่ 4.16 (ก) (ข) (ค) (ง) (จ) ผลการทดลองในการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน	44



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า Fault Rejection และ Fault Acceptant ที่แต่ละเทอร์สโอสต์	41
ตารางที่ 4.1 (ต่อ) แสดงค่า Fault Rejection และ Fault Acceptant ที่แต่ละเทอร์สโอสต์	42
ตารางที่ 4.2 แสดงค่า Threshold ของป็นแต่ละกระบอก	45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินโครงการ

5.1 ปัญหาและอุปสรรคของการดำเนินโครงการ

- 5.1.1 ภาพที่ใช้ในการทดลองมีความละเอียดน้อย ทำให้คุณสมบัติที่สำคัญบางอย่างหายไป
- 5.1.2 ตำแหน่งที่วางปลอกกระสุนปืนในการถ่ายภาพแต่ละครั้งไม่คงที่
- 5.1.3 อุปกรณ์ส่องสว่างยังมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ

5.2 แนวทางการพัฒนาโครงการ

- 5.2.1 พัฒนาอุปกรณ์ส่องสว่างให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยให้ภาพที่ถ่ายออกมามีแสงสะท้อนน้อยที่สุด
- 5.2.2 พัฒนาฐานที่ใช้ในการรองรับปลอกกระสุนปืนให้มีความคงทนและอยู่ตำแหน่งเดิมเมื่อมีการหมุนปลอกกระสุนปืนไปในองศาที่แตกต่างกัน
- 5.2.3 พัฒนาวิธีการดึงคุณลักษณะเด่นของปลอกกระสุนปืนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.3 สรุป

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้เน้นเสนอวิธีการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน โดยในขั้นตอนการตรวจสอบได้เสนอวิธีการดึงเอาคุณลักษณะเด่นของภาพปลอกกระสุนปืนมาศึกษา โดยลักษณะเด่นนี้จะมีคุณสมบัติที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามการหมุนของภาพปลอกกระสุนปืนในองศาที่ต่างกัน ซึ่งลักษณะเด่นดังกล่าว สามารถแสดงโดยใช้ค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ของอนุกรมฟูเรียร์ของภาพปลอกกระสุนปืนที่อยู่ในพิกัดเชิงขั้ว

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ การตรวจสอบปลอกกระสุนปืนทำได้โดยคำนวณหาค่าระยะแบบยุคลิดเปรียบเทียบกันระหว่างค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ของอนุกรมฟูเรียร์ของภาพปลอกกระสุนปืนที่อยู่ในพิกัดเชิงขั้ว ที่ได้จากภาพปลอกกระสุนปืนอ้างอิง และภาพปลอกกระสุนปืนที่นำมาทดสอบ จากผลการทดลองพบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถตรวจสอบปลอกกระสุนปืนได้ดีพอสมควร

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันปัญหาการก่อการร้าย และการก่ออาชญากรรม โดยเฉพาะใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ มีสถิติเพิ่มสูงขึ้น โดยอาวุธหลักที่ใช้ในการก่ออาชญากรรมคืออาวุธปืน และปลอกกระสุนปืนเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่สามารถนำมาเป็นหลักฐานในการดำเนินคดีได้ เนื่องจากปลอกกระสุนปืนแต่ละอันจะมีรอยที่เกิดจากเข็มแทงชนวน ที่แตกต่างกัน ดังนั้นปลอกกระสุนปืนจึงถือได้ว่าเป็นวัตถุพยานอีกสิ่งหนึ่งที่เป็นประโยชน์ในทางคดี

จากการสอบถามจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องพบว่าเครื่องตรวจสอบปลอกกระสุนปืนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาค่อนข้างแพง ดังนั้นส่วนใหญ่จะใช้การตรวจสอบด้วยตาเปล่า ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญของผู้ตรวจสอบเป็นหลัก ไม่มีหลักการตายตัว ทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้มาก รวมทั้งใช้เวลาในการตรวจสอบค่อนข้างนาน

ด้วยเหตุนี้ผู้จัดทำ ครงงานจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการตรวจสอบรายละเอียดของวัตถุพยานที่เป็นปลอกกระสุนปืนและได้จัดทำโครงการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนนี้ขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาทฤษฎี หลักการ และวิธีการเกี่ยวกับการประมวลผลภาพ(Image Processing) และนำไปประยุกต์ใช้ในงานตรวจสอบปลอกกระสุนปืน

1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนด้วยระบบคอมพิวเตอร์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตของโครงการ

สามารถตรวจสอบปลอกกระสุนปืน โดยดูจากภาพเข็มแทงชนวนและนำมาแยกแยะว่ามาจากปืนกระบอกเดียวกันหรือไม่

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ระบบและวิธีในการแยกแยะปลอกกระสุนปืนอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.2 สามารถนำวิธีที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับการตรวจสอบสิ่งอื่นๆ หรือพัฒนาเป็นโปรแกรมประยุกต์

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.5.1 ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- 1.5.2 ทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน
- 1.5.3 ออกแบบฐานรองปลอกกระสุนปืนในการถ่ายภาพ
- 1.5.4 ออกแบบไฟส่องสว่างในการถ่ายภาพปลอกกระสุนปืน
- 1.5.5 เก็บรวบรวมภาพถ่ายปลอกกระสุนปืนแต่ละชนิด
- 1.5.6 พัฒนาระบบการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน
- 1.5.7 ทดสอบการทำงานทั้งหมดและปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของระบบ
- 1.5.8 สรุปผลการทดลองและจัดทำปฏิญานินพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] P.Thumwarin, S.Manila, P.Janthawong and W.Pibulwcj, *A Robust Coin Recognition Method with Rotation Invariance* , Internation Conference on Communications , Circuits and Systems Proceedings , pp.520-523,2006.
- [2] P.Thumwarin,C.Prasit and T.Matsuura, *FIR Coin Recognition System Characterizing Rotation Invariant Feature of Coin Image*, International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology,pp.250-253,2007



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้