

ระบบตรวจค้นหาอาวุธปืนจากใต้ดินกระสุนปืน
Firearm Identification System based on
Cartridge case Imprints



พิธีมอบปริญญาบัตรแก่ผู้สำเร็จการศึกษา ประจำปี ๒๕๕๖
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ศาสตราจารย์ ดร. อดิสรณ์ อดิสรณ์
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ปีการศึกษา ๒๕๕๖

ระบบตรวจสอบอาวุธปืนจากปลอกกระสุนปืน
Firearm Identification System based on
Cartridge case Image



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Firearm Identification System based on Cartridge case Image



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบตรวจสอบอาวุธปืนจากปลอกกระสุนปืน Firearm Identification System based on Cartridge case Image		
ชื่อนักศึกษา	นายรัฐวิทย์	บริรักษ์วานิชย์	53011357
	นายศุภฤกษ์	โรจน์วิศิษฐ์กุล	53011605
	นายอักรพงศ์	ตระกุลเกียรติกุล	53011904
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ		
พุทธศักราช	2556		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.พิทักษ์ ธรรมวาริน		

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



(ผศ.ดร.พิทักษ์ ธรรมวาริน)
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบตรวจสอบอาวุธปืนจากปลอกกระสุนปืน Firearm Identification System based on Cartridge case Image		
ชื่อนักศึกษา	นายรัฐวิทย์	บริรักษ์วานิชย์	53011357
	นายศุภฤกษ์	โรจน์วิศิษฐ์กุล	53011605
	นายอัศวพงศ์	ตระกูลเกียรติกุล	53011904
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ		
พุทธศักราช	2556		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.พิทักษ์ ธรรมวาริน		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบยืนยันอาวุธปืนจากปลอกกระสุนปืนโดยการพิจารณาจากคุณลักษณะเฉพาะส่วนจอกแก้วของปลอกกระสุนปืนที่มีคุณสมบัติไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามการหมุนของปลอกกระสุนปืน ซึ่งคำนวณได้จากค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ของอนุกรมฟูเรียร์ของภาพถ่ายปลอกกระสุนปืน ซึ่ง ณ ที่นี้จะพิจารณาภาพถ่ายปลอกกระสุนปืนเฉพาะส่วนของ จอกแก้ว(Primer) เท่านั้น นอกจากนี้ยังได้พัฒนาชุดระบบควบคุมระบบการถ่ายภาพด้วยสเตปมอเตอร์ ซึ่งประกอบไปด้วย 1.การปรับระยะห่างระหว่างเลนส์กับวัตถุ 2.การปรับระยะห่างของกล่องไฟ 3.การปรับระยะกำลังขยาย ซึ่งจะช่วยให้การถ่ายภาพกระสุนปืน สะดวกรวดเร็วและได้ภาพที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น และเพื่อแสดงถึงประสิทธิภาพของระบบที่ได้พัฒนา ได้ทำการทดลองแยกแยะอาวุธปืน โดยใช้ปลอกกระสุนปืน โดยใช้ปืนทั้งหมด 10 กระบอกมีจำนวนปลอกทั้งสิ้น 300 ปลอก ดังแสดงไว้ในบทผลการทดลอง

Thesis Title	Firearm Identification System based on Cartridge case Image	
Student	Mr.Rattawit	Borirakwanit
	Mr.Suppharoek	Rojwicitkun
	Mr.Arakarapong	Trakulkiattikul
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Information Engineering	
Year	2013	
Thesis Advisor	Asst.Prof Dr. Pitak Thumwarin	

Abstract

This thesis presented the Firearm Identification System based on Cartridge case Image . The process of verifying the characteristics of firearm bullet casings. The Firearm Identification features are extracted by using the absolute value of Fourier Coefficient which is a rotation invariant feature of the cartridge image. Moreover , a control system for taking the cartridge image , using motor control is developed in order to get a standard and use full image. Finally , the firearm identification experimental were performed to show the effectiveness of the proposed system. The database for the experiment consist of Three hundred cartridge image fired from Ten guns. The results case shown in the experimental section.

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จไปได้เป็นด้วยดี โดยการได้รับคำแนะนำ คำปรึกษา รวมทั้งการอบรมสั่งสอน ทั้งในด้านทางวิชาการ และทางด้านคุณธรรมจริยธรรมเป็นอย่างดี จาก ผศ.ดร. พิทักษ์ ธรรมวาริน ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาบัตร

ขอขอบคุณ อาจารย์สองเมือง นันทขว้าง สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม ที่ได้ช่วยเหลือในการออกแบบเพิ่มเติมให้กับอุปกรณ์

ขอขอบคุณ นางสาวกัญญาภัคศรีสุข นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ ที่คอยช่วยให้คำแนะนำ ปรึกษา ตักเตือน ในการทำปริญญาบัตรครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา บุพการี และครูบาอาจารย์ ทุกๆท่าน ที่ช่วยให้เราได้มีวันนี้ คุณค่าและประโยชน์ที่พึงได้จากปริญญาบัตรฉบับนี้ ขอมอบแก่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน

คณะผู้จัดทำ



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 หลักการใหม่และสิ่งที่เพิ่มเติม	1
1.3 การเปรียบเทียบกับหลักการเดิมที่มีอยู่	2
1.4 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.5 ขอบเขตของโครงการ	2
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.7 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้	3
2.1 โครงสร้างของกระสุนปืน	3
2.2 ภาพดิจิทัล	4
2.2.1 นิยามของภาพดิจิทัล	4
2.2.2 ประเภทของภาพดิจิทัล	6
2.3 อนุกรมฟูเรียร์ตรีโกณมิติ	7
2.4 การวัดระยะแบบยุคลิด	9
บทที่ 3 ภาพรวมระบบ	10
3.1 ภาพรวมของระบบ	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.1 การจัดเตรียมตัวอย่าง	10
3.1.2 การได้มาของภาพ	11
3.1.3 การประมวลผลภาพขั้นต้น	11
3.1.4 การวิเคราะห์	12
3.1.5 การชี้ระบุ	12
3.2 การออกแบบฮาร์ดแวร์	12
3.2.1 คุณสมบัติของสเตปมอเตอร์	13
3.2.2 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์	14
3.3 การออกแบบซอฟต์แวร์	18
3.3.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ	18
3.3.2 การออกแบบติดต่อกับผู้ใช้งาน	18
บทที่ 4 การประมวลผล	22
4.1 การประมาณค่าจุดศูนย์กลางวงกลมบริเวณงานทำ	24
4.2 การแปลงระบบพิกัดฉากเป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว	26
4.3 การประมาณค่าด้วยฟูเรียร์	28
บทที่ 5 การดึงคุณสมบัติและการตรวจสอบอาวุธปืน	35
บทที่ 6 ผลการทดลอง	37
6.1 ผลการทดลองการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน	37
6.1.1 ผลการทดลองการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนขนาด .38	37
6.1.2 ผลการทดลองการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม.	48
บทที่ 7 สรุปผลการทดลอง	62

บรรณานุกรม เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ตารางระบุภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม. ที่ยิงจากรุ่น WALTHER P88 Champion	30
4.2 ตารางระบุภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม. ที่ยิงจากรุ่น WALTHER P99 QA	30
4.3 ตารางระบุภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม. ที่ยิงจากรุ่น TAURUS 24/7 PRO	31
4.4 ตารางระบุภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม. ที่ยิงจากรุ่น UZI JERICHO 941	31
4.5 ตารางระบุภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม.ที่ยิงจากรุ่น SPRING FIELD	32
4.6 ตารางระบุภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด .38 ที่ยิงจากรุ่น Smith & Wesson Model 15	32
4.7 ตารางระบุภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด .38 ที่ยิงจากรุ่น RUGER SP101 38SPL	33
4.8 ตารางระบุภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด .38 ที่ยิงจากรุ่น Smith & Wesson Model 686	33
4.9 ตารางระบุภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด .38 SUPER ที่ยิงจากรุ่น COLT 1911	34
4.10 ตารางระบุภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด .38 ที่ยิงจากรุ่น TAURUS MODEL 83S	34

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของกระสุนปืน	3
2.2 ร่องรอยที่เกิดท้ายปลอกกระสุนปืน	4
2.3 แสดงค่าเมทริกซ์ระดับสี	5
2.4 แสดงเมทริกซ์ภาพขาวดำ	5
2.5 แสดงเมทริกซ์ภาพระดับสีเทา	6
2.6 แสดงเมทริกซ์ภาพ RGB	6
3.1 แสดงภาพรวมของระบบ	10
3.2 สิ่งที่เพิ่มเติมให้กับอุปกรณ์	11
3.3 สเตปมอเตอร์บริเวณลำกล้องและสเตปมอเตอร์บริเวณเสาเกลียวปรับระดับ	12
3.4 Arduino Uno R3	13
3.5 Arduino Nano V3	13
3.6 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Arduino กับ Computer	13
3.7 ภาพการเชื่อมของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	15
3.8 แสดงการทำงานของมอเตอร์ในบริเวณต่างๆ	15
3.9 แสดงการทำงานของภาพถ่ายโดยสั่งให้มอเตอร์หมุน	16
3.10 แสดงการทำงานของโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์	17
ที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์	
3.11 แสดงหน้าต่าง Login	18
3.12 แสดงหน้าต่างโปรแกรมถ่ายภาพปลอกกระสุนปืน	19
3.13 แสดงหน้าต่าง Edge Detection	19
3.14 แสดงภาพร่องรอยปลอกกระสุนปืน	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.15 แสดงหน้าต่าง Circle Approximate	20
3.16 แสดงหน้าต่าง Analysis	21
4.1 แสดงภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม. บริเวณจอกแก้ว	22
4.2 แสดงภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด .38 บริเวณจอกแก้ว	22
4.3 แสดงภาพตัวอย่างเครื่องถ่ายภาพปลอกกระสุนปืน	23
4.4 ปลอกกระสุนปืนในรูปฟังก์ชันต่อเนื่องแบบ 2 มิติ	24
4.5 แสดงการประมาณค่าจุดศูนย์กลางของวงกลม	24
4.6 แสดงผลการประมาณค่าจุดศูนย์กลาง	26
4.7 ความสัมพันธ์พิกัดเชิงขั้ว	27
4.8 การแปลงระบบพิกัดฉากของจอกแก้ว	28
4.9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่มาจากกระบอกเดียวกัน	29
5.1 แสดงระบบถ่ายภาพและการหาจุดศูนย์กลางเพื่อแปลงเป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว	35
5.2 การหาค่าสัมบูรณ์สัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่ไม่เปลี่ยนแปลงตาม การหมุนและค่าความเหมือนโดยใช้วิธีแบบยุคลิด	36
6.1 แสดงภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด .38	37
6.2 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนขนาด .38 รุ่น TAURUS MODEL 83S	39
6.3 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนขนาด .38 SUPER รุ่น COLT 1911	41
6.4 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนขนาด .38 รุ่น Smith & Wesson	43
6.5 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนขนาด .38 รุ่น RUGER SP101 38SPL	45
6.6 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนขนาด .38 รุ่น Smith & Wesson Model 15	47
6.7 แสดงภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม.	48
6.8 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม.รุ่น WALTHER P99 QA	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
6.9 แสดงค่าระยะทางยูคลิด ของภาพปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม. รุ่น TAURUS PT 24/7 PRO	52
6.10 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม. รุ่น UZI JERICHO 941	54
6.11 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม.รุ่น SPRING FIELD	56
6.12 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม. รุ่น WALTHER CHAMPION	58
6.13 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม. รุ่น WALTHER P99 QA โดยตัดรอยเข็มแทงชนวน	59
6.14 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม. รุ่น WALTHER P99 QA โดยไม่ตัดรอยเข็มแทงชนวน	59
6.15 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม. รุ่น TAURUS PT24 7 PRO โดยตัดรอยเข็มแทงชนวน	60
6.16 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม. รุ่น TAURUS PT24 7 PRO โดยไม่ตัดรอยเข็มแทงชนวน	60
6.17 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม. รุ่น TAURUS MODEL 83S โดยตัดรอยเข็มแทงชนวน	61
6.18 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม. รุ่น TAURUS MODEL 83S โดยไม่ตัดรอยเข็มแทงชนวน	61

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากผลสำรวจที่คนไทยครอบครองปืนที่ถูกกฎหมายมากกว่า 6 ล้านกระบอก ยังไม่รวมปืนเถื่อนและปืนไทยประดิษฐ์ที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก ปัญหาการก่ออาชญากรรมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอันเห็นได้จากสืบสวนสอบสวนของเจ้าหน้าที่ตำรวจในงานด้านพิสูจน์หลักฐานจึงมีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง การวิเคราะห์หลักฐานโดยเฉพาะปลอกกระสุนปืน จึงเป็นหลักฐานสำคัญที่สามารถพิสูจน์ได้ ว่าเป็นปลอกกระสุนที่ยิงจากปืนกระบอกเดียวกันหรือไม่ ซึ่งเป็นหลักฐานที่สำคัญที่มีผลต่อรูปคดี หากตีความหรือได้ผลออกมาผิดเพียงเล็กน้อยก็อาจเกิดความไม่เป็นธรรมต่อผู้เสียหายและผู้ต้องสงสัยได้

ณ ปัจจุบันเทคโนโลยีการพิสูจน์เอกลักษณ์ของปลอกกระสุนปืนในต่างประเทศ มีราคาค่อนข้างสูง สำหรับผู้เชี่ยวชาญในประเทศไทย ใช้การตรวจสอบด้วยตาผ่านกล้องที่มีกำลังขยายสูง มาพิสูจน์เอกลักษณ์ของปลอกกระสุน ซึ่งอาจเกิดโอกาสความผิดพลาดได้ ดังนั้นคณะจัดทำโครงการ จึงใช้เทคโนโลยีที่ราคาไม่แพงมาก แต่มีประสิทธิภาพสูง โดยพัฒนาโปรแกรมขึ้นมาใหม่ และใช้กล้องที่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานก็จะสามารถช่วยลดเปอร์เซ็นต์ของความผิดพลาดในการใช้สายตาจากผู้เชี่ยวชาญเพียงอย่างเดียวได้ดีกว่าเดิม

เอกลักษณ์พิเศษหนึ่งบนปลอกกระสุนปืนที่ผ่านการยิงแล้ว คือร่องรอยการกระแทกจากเข็มแทงชนวน ที่ประทับอยู่บริเวณรอยประทับท้ายรางเพลิงปืน มีลักษณะพิเศษเฉพาะของเข็มแทงชนวนแต่ละอัน ซึ่งเข็มแทงชนวนที่เป็นส่วนประกอบส่วนหนึ่งของปืนนั้น สามารถสับเปลี่ยนให้กับปืนได้ และเข็มแทงชนวนแต่ละอันก็จะมีร่องรอยในการกระแทกที่แตกต่างกันด้วย ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงนำภาพถ่ายปลอกกระสุนปืน โดยใช้ส่วนของจอกแก้ว โดยตัดภาพในส่วนของรอยเข็มแทงชนวนออก เพื่อศึกษาร่องรอยที่เกิดขึ้นจากการกระแทกของปืนท้ายรังปืน ซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะอีกอย่างหนึ่งของปืนแต่ละกระบอก

1.2 หลักการใหม่และสิ่งที่เพิ่มเติมในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

1. ได้ติดตั้งสเตปมอเตอร์ ให้กับลำกล้องเพื่อให้มีการปรับโฟกัสภาพให้มีความชัดเจนมากกว่าการปรับภาพโดยใช้มือรวมทั้งได้ติดตั้งสเตปมอเตอร์ ให้กับไฟส่องสว่างเพื่อปรับระดับความสูงต่ำของไฟส่องสว่าง และได้ติดตั้งให้กับลำกล้องเพื่อปรับระดับความสูงต่ำของกล้อง เพื่อปรับภาพขยายให้มากหรือน้อยตามที่ต้องการ โดยมีโปรแกรมควบคุมการหมุนผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์

2. ได้ใช้การตรวจสอบภาพปลอกกระสุนปืน ในส่วนจอกแก้ว(Primer) ของปลอกกระสุนเพียงอย่างเดียว โดยตัดในส่วนของรอยที่เกิดจากเข็มแทงชนวนออก เนื่องจากภาพที่ได้มาจากการเพิ่มกำลังขยาย ไม่ชัดเจนและมีแสงสะท้อนมารบกวน ทำให้การถ่ายภาพแต่ละครั้งในปลอกกระสุนเดียวกัน ทำให้มีค่าความผิดพลาดสูง

1.3 การเปรียบเทียบกับหลักการที่มีอยู่เดิม

จากปฏิญญาพันธเดิมที่มีอยู่ ใช้มือควบคุมการปรับโฟกัส ระยะห่างระหว่างเลนส์กับปลอกกระสุน ตลอดจนระยะห่างของไฟส่องสว่างกับปลอกกระสุนและของเดิมยังได้ใช้ภาพทั้งหมดของจอกแก้วบดถึงลักษณะเด่น แต่ในปฏิญญาพันธฉบับนี้ได้ตัดส่วนที่เป็นหลุมจากที่เกิดจากเข็มแทงชนวนออกไปเพราะว่าในการถ่ายภาพเพียงหนึ่งครั้งในหนึ่งสถานะไม่สามารถได้ภาพต่างระดับกันที่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะนำมาใช้งานได้

1.4 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาทฤษฎี หลักการ และวิธีเกี่ยวกับการประมวลผลภาพและนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน
2. เพื่อพัฒนาระบบการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนที่มีอยู่เดิม ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
3. เพื่อศึกษาหลักการพิจารณาร่องรอยบริเวณจอกแก้ว(Primer) ของปลอกกระสุนปืน จากภาพถ่ายจะเห็นร่องรอยที่เกิดจากการกระแทกของปืนท้ายรังเพลิงปืน จึงได้นำร่องรอยดังกล่าวมาใช้ในการคำนวณหาลักษณะเด่นที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของปืนแต่ละกระบอก

1.5 ขอบเขตของโครงการ

สามารถตรวจสอบปลอกกระสุนปืนโดยดูจากภาพจอกแก้ว(Primer) ของปลอกกระสุนเพียงอย่างเดียว โดยตัดในส่วนร่องรอยที่เกิดจากเข็มแทงชนวนออก และนำมาจำแนกว่ามาจากปืนกระบอกเดียวกันหรือไม่

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มพูนองค์ความรู้ในการจำแนกปลอกกระสุนปืนเพิ่มมากขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ
2. สามารถนำวิธีที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับการตรวจสอบสิ่งอื่นๆ รวมทั้งเป็นโปรแกรมประยุกต์
3. ได้เครื่องมือในการใช้ตรวจสอบปลอกกระสุนปืนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.7 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบตรวจสอบปลอกกระสุนปืน
3. ออกแบบการติดตั้งสเตปมอเตอร์บนส่วนควบคุมเลนส์ของกล้อง ส่วนควบคุมระยะห่างระหว่างกล้องกับวัตถุ และส่วนควบคุมระยะห่างระหว่างไฟกับวัตถุ
4. เก็บรวบรวมภาพถ่ายปลอกกระสุนปืนแต่ละชนิด
5. พัฒนาระบบการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน
6. ทดสอบการทำงานทั้งหมดและปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของระบบ
7. สรุปผลการทดลองและจัดทำปฏิญญาพันธ

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการตรวจสอบปลอกกระสุน มีดังนี้ กระสุนปืนและหัวกระสุนปืน รูปแบบร่องรอยคุณลักษณะที่เกิดขึ้น หลักการและทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่นำมาประยุกต์ใช้และบทนำเบื้องต้นเกี่ยวกับอุปกรณ์ทางฮาร์ดแวร์ที่นำมาใช้ในเอกสารฉบับนี้

2.1 โครงสร้างของกระสุนปืน

หัวกระสุนปืน(bullet) คือส่วนที่พุ่งผ่านลำกล้องปืน(barrel) ออกไปสู่ปากกระบอกปืน มีเป้าประสงค์ในการพุ่งปะทะและทำลายเป้าหมายที่กำหนดไว้ โดยปกติคำว่ากระสุนปืน(cartridge) จะหมายถึงส่วนที่ประกอบไปด้วย

1. หัวกระสุนปืน ปกติทำจากโลหะ มีหลากหลายชนิดแต่ที่นิยมคือ ทองเหลือง
2. ปลอกกระสุนปืน(Case หรือ Cartridge Case)
3. ตัวขับเคลื่อน(Propellant) เช่น ดินปืน เป็นต้น
4. ส่วนที่ใช้ในการบรรจุกระสุนปืนเข้าสู่รังเพลิง
5. หัวจุดชนวน(Primer) หรือจ็อกแก๊ปปืน เป็นหัวจุดประกายไฟให้ตัวขับเคลื่อนทำงาน



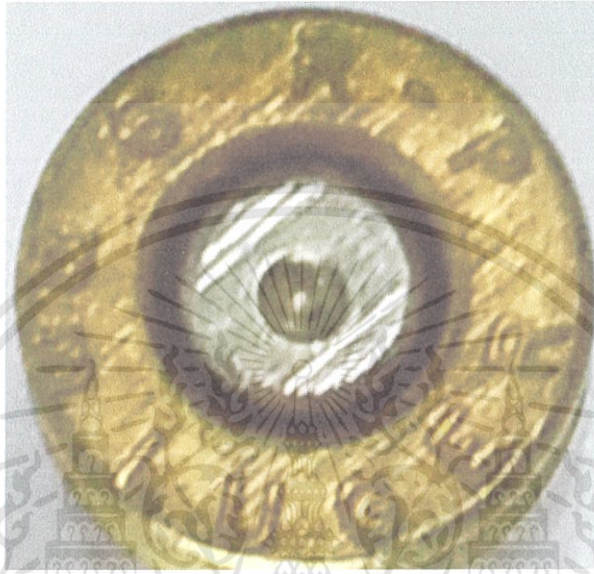
รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของกระสุนปืน

การชี้ระบุปืนในทางนิติวิทยาศาสตร์(Forensic Science) จะใช้วิธีการตรวจหาร่องรอย (Mark) จากหัวกระสุนปืน ปลอกกระสุนปืน หรือจากองค์ประกอบย่อยอื่น ๆ ของปืนที่นำมาตรวจสอบ ซึ่งการชี้ระบุจากร่องรอยที่เกิดขึ้นในทางเทคนิคเรียกว่า “ToolMark Identification”

เนื่องจากว่าส่วนวัสดุที่นำมาสร้างปืนจะแข็งกว่าวัสดุที่นำมาใช้ทำกระสุนปืน ร่องรอยที่เกิดขึ้นหลังจากการยิงปืนโดยส่วนใหญ่แล้วจะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ รอยประทับ(Imprinted Mark) และรอยเส้นริ้ว(Striated Mark) ซึ่งจะเกิดกับส่วนที่อยู่ชิดกับผิวปืนโดยส่วนใหญ่ร่องรอยเหล่านี้จะเกิดชัดเจนที่หัวกระสุนปืนและท้ายปลอกกระสุนปืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงแม้ว่าปืนที่มีลักษณะเหมือนกันสองกระบอก จะมีลักษณะทางอุดมคติเหมือนกัน ซึ่งอาจให้ร่องรอยที่เกิดขึ้นที่กระสุนปืนเหมือนกัน แต่ในความเป็นจริง ร่องรอยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นนั้นไม่เหมือนกัน เนื่องจากมันมีความแปรปรวนหลากหลายขึ้นอยู่กับ กระบวนการการผลิต ลักษณะการใช้และผิวภายในปืนที่ไม่สมบูรณ์ต่าง ๆ ร่องรอยเหล่านี้สามารถใช้เป็นร่องรอยเฉพาะของปืนแต่ละกระบอกและถือว่าเป็นรอยนิ้วมือ(fingerprint) ของปืนได้โดยร่องรอยที่เกิดขึ้นที่ท้ายปลอกกระสุนปืนแสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ร่องรอยที่เกิดขึ้นที่ท้ายปลอกกระสุนปืน

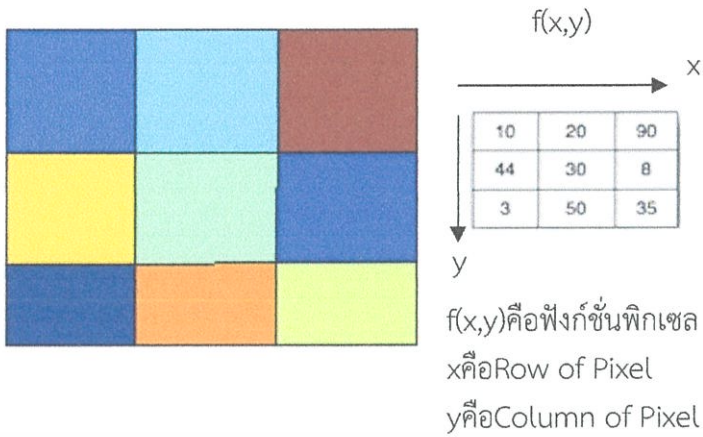
2.2 ภาพดิจิทัล (Digital Image)

2.2.1 นิยามของภาพดิจิทัล (Digital Image Definition)

ภาพดิจิทัลสามารถนิยามเป็นฟังก์ชันสองมิติ(Two-Dimensional Function) หรือ $f(x,y)$ ของค่าความเข้มแสง (Intensity) โดยที่ x และ y เป็นพิกัดที่บอกถึงตำแหน่งในระบบพิกัดฉาก โดยตำแหน่งอ้างอิง(0,0) จะอยู่ทางด้านซ้ายมือบนของภาพดังนั้นสามารถเขียนแสดงให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ (Matrix) ได้ดังสมการที่ (2.1)

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

จากสมการที่ (2.1) ค่าที่อยู่ในเมทริกซ์แต่ละค่าเรียกว่า “องค์ประกอบของภาพ” หรือ “พิกเซล(pixel)” หรือ “จุดภาพ” รูปที่ 2.8 แสดงภาพดิจิทัลในรูปของเมทริกซ์ ซึ่งในแต่ละค่าจุดภาพจะเก็บค่าระดับสีเอาไว้



รูปที่ 2.3 แสดงค่าของเมทริกซ์

2.2.2 ประเภทของภาพดิจิทัล (Category of Digital Image)

ภาพดิจิทัลมีอยู่หลากหลายประเภท เช่น ภาพขาวดำ(Binary Image) ภาพระดับสีเทา(Gray Image) ภาพดัชนี(Indexed Image) และภาพสี(Color Image) ในปฏิญานพนธ์นี้จะให้ความสนใจไปที่ภาพระดับสีเทาเพียงอย่างเดียว เนื่องจากว่าภาพระดับสีเทานั้นสามารถนำมาใช้ประมวลผลภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.2.1. ภาพขาวดำ(Binary Image, Black and White Image)

ภาพขาวดำคือภาพที่มีค่าสีเพียงแค่ 2 ระดับคือ 0(ดำ) และ 1(ขาว)



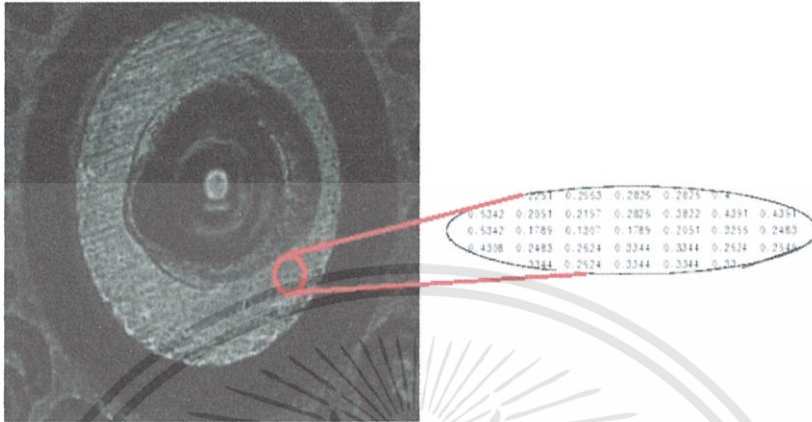
รูปที่ 2.4 แสดงภาพขาวดำ (Binary Image, Black and White Image)

2.2.2.2. ภาพระดับสีเทา(Gray Image, Monochrome Image, Intensity Image)

ภาพระดับสีเทาเป็นภาพที่แสดงค่าความเข้มแสง(Intensity) หรือค่าความสว่าง(Luminance) ของแต่ละจุดภาพในภาพ โดยมีลักษณะเป็นโทนสีเทา(Gray Scale) โดยมีค่าระดับความเข้มแสงที่สามารถแสดงได้(Gray Levels) ขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้แทนภาพ ในแต่ละจุดภาพ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ดังสมการ (2.2)

$$L = 2^k \tag{2.2}$$

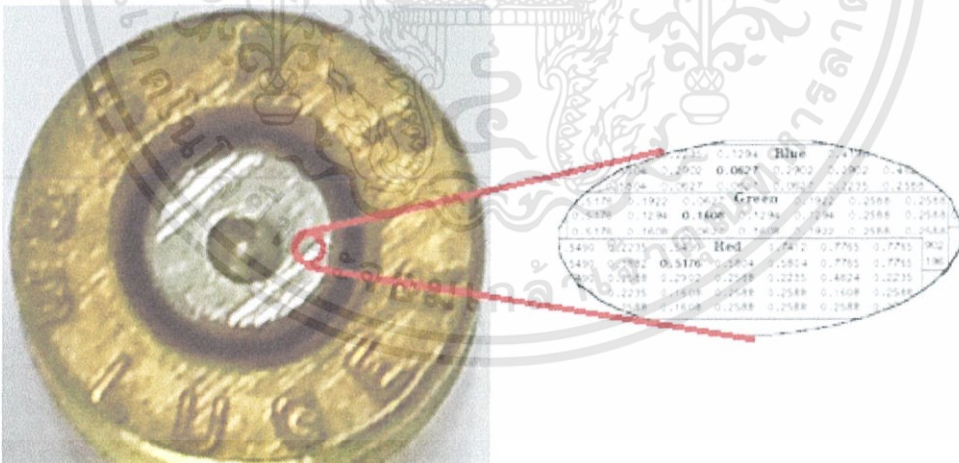
เมื่อ L คือระดับสีเทาและ k เป็นจำนวนบิตที่ใช้แทนในแต่ละจุดภาพ ในปริภูมิตวินนธ์ฉบับนี้จะใช้ภาพ ระดับสีเทาขนาด 8 บิตซึ่งสามารถแสดงค่าระดับสีได้ทั้งหมด 256 ระดับและค่าที่เป็นไปได้คือจำนวนเต็มตั้งแต่ 0 ถึง 255 โดย 0 แทนสีดำและ 255 แทนสีขาว ดังรูปที่ 2.5 แสดงภาพระดับสีเทา



รูปที่ 2.5 แสดงเมทริกซ์ของภาพระดับสีเทา

2.2.2.3. ภาพสี (Color Image, RGB Image)

ภาพสีประกอบไปด้วยค่าสี 3 สี นั่นคือสีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) โดยในแต่ละค่าของจุดสีจะแสดงด้วยค่าความเข้มแสงของสัญญาณสีต่าง ๆ แล้วนำมาซ้อนกันเกิดเป็นภาพสีขึ้น แสดงดังรูปที่ 2.6 แสดงเมทริกซ์ภาพสี RGB



รูปที่ 2.6 แสดงเมทริกซ์ภาพสี RGB

2.3 อนุกรมฟูรีเยร์ตรีโกณมิติ(Trigonometric Fourier Series)

กำหนดให้ฟังก์ชันคาบ $f(t)$ เป็นฟังก์ชันคาบที่คาบเท่ากับ 2π สามารถเขียน $f(t)$ ให้อยู่ในรูปของอนุกรมตรีโกณมิติได้ดังสมการที่ 2.3

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nt + b_n \sin nt) \quad (2.3)$$

2.3.1 การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์จากสมการ (2.3) โดยเทียบกับ t จาก $-\pi$ ถึง π จะได้

$$\begin{aligned} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) dt &= \int_{-\pi}^{\pi} \left[a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nt + b_n \sin nt) \right] dt \\ &= a_0 \int_{-\pi}^{\pi} dt + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \int_{-\pi}^{\pi} \cos nt dt + b_n \int_{-\pi}^{\pi} \sin nt dt \right) \end{aligned}$$

เนื่องจาก $\int_{-\pi}^{\pi} \cos nt dt$ และ $\int_{-\pi}^{\pi} \sin nt dt$ มีค่าเป็นศูนย์ทั้งคู่ และ $\int_{-\pi}^{\pi} dt = 2\pi$ นั่นคือ

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) dt$$

2.3.2 การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ a_n

สามารถคำนวณหาสมการ a_n ได้โดยการคูณ $\cos mx$ ในสมการที่ 2.3 ทั้งสองฝั่งโดย m เป็นจำนวนเต็มบวกใดๆ จากนั้นทำการคำนวณค่าของสมการโดยเทียบกับ t จาก $-\pi$ ถึง π จะได้

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(t) \cos mt dt = \int_{-\pi}^{\pi} [a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nt + b_n \sin nt)] \cos mt dt \quad (2.4)$$

พิจารณาด้านขวามือของสมการ (2.4)

$$a_0 \int_{-\pi}^{\pi} \cos mt dt + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \int_{-\pi}^{\pi} \cos nt \cos mt dt + b_n \int_{-\pi}^{\pi} \sin nt \cos mt dt \right)$$

จะเห็นได้ว่าพจน์แรกมีค่าเท่ากับศูนย์ และจากความสัมพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติจะได้

$$\int_{-\pi}^{\pi} \cos nx \cos mt dt = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \cos(n+m)t dt + \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \cos(n-m)t dt$$

และ

$$\int_{-\pi}^{\pi} \sin nx \cos mt dt = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \sin(n+m)t dt + \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \sin(n-m)t dt$$

มีค่าเป็นศูนย์ทุกกรณียกเว้น $n = m$ ที่ทำให้ $\cos(n-m)t = 1$ จะทำให้ได้ค่าดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 a_m \int_{-\pi}^{\pi} \cos nt \cos mt dt &= a_m \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \cos(n-m)t dt \\
 &= a_m \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} dt \\
 &= a_m \pi
 \end{aligned}$$

2.3.3 การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ b_n

สามารถคำนวณหาสมการ a_n ได้โดยการคูณ $\sin mx$ ในสมการที่ 2.3 ทั้งสองฝั่งโดย m เป็นจำนวนเต็มบวกใดๆ จากนั้นทำการคำนวณค่าของสมการโดยเทียบจาก $-\pi$ ถึง π จะได้

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(t) \sin mt dt = \int_{-\pi}^{\pi} [a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nt + b_n \sin nt)] \sin mt dt \quad (2.5)$$

หลังจากคำนวณค่าพิจารณาด้านขวามือของสมการที่ 2.5 เป็น

$$a_0 \int_{-\pi}^{\pi} \sin mt dt + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \int_{-\pi}^{\pi} \cos nt \cos mt dt + b_n \int_{-\pi}^{\pi} \sin nt \sin mt dt \right)$$

พิจารณาในทำนองเดียวกันกับ a_n จะเห็นได้ว่าพจน์แรกและพจน์ที่สองมีค่าความสัมพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ

$$\int_{-\pi}^{\pi} \sin nt \sin mt dt = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \cos(n-m)t dt + \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \cos(n+m)t dt$$

ซึ่งมีค่าไม่เท่ากับศูนย์ในกรณี $n = m$ ที่ทำให้ $\cos(n-m)xt = 1$ นั่นคือ

$$\begin{aligned}
 \int_{-\pi}^{\pi} \sin nt \sin mt dt &= \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \cos(n-m)t dt \\
 &= \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} dt \\
 &= \pi
 \end{aligned}$$

จากสมการที่ (2.5) จะได้

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(t) \sin mt dt = b_m \pi$$

หรือ

$$b_m = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \sin mt dt \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

ดังนั้น การคำนวณหาสัมประสิทธิ์ของอนุกรมฟูเรียร์หาได้จาก

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) dt$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \cos ntdt \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$$b_m = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \sin mtdt \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

เรียกอีกอย่างได้ว่าสมการออยเลอร์(Euler Formula) หรือ สัมประสิทธิ์ฟูเรียร์

2.4 การวัดระยะแบบยูคลิด (Euclidean distance)

การวัดระยะแบบยูคลิด คือ วิธีการทั่วไปในการวัดระยะทางระหว่างจุด 2 จุดบนระนาบถ้า กำหนดให้ $u = (x_1, y_1)$ และ $v = (x_2, y_2)$ เป็นจุด 2 จุดบนระนาบ การวัดแบบยูคลิดสามารถ แสดงได้ดังสมการที่ (2.6)

$$D = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (2.6)$$

ดังนั้นถ้าข้อมูลมีดังนี้ $A = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ และ $B = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ จะได้ระยะทาง ยูคลิดจาก A ไป B ดังสมการที่ (2.7)

$$D = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2}$$

เนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อน จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการหาระยะทางหรือมุมได้ไม่ว่า จะเป็นเวกเตอร์หรือสัญญาณข้อมูล

บทที่ 3

ภาพรวมระบบ

ในบทนี้จะอธิบายถึงการออกแบบขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของระบบโดยวิธีการประมวลผลภาพถ่ายจากแก๊ปของปลอกกระสุนปืน

3.1 ภาพรวมของระบบ

ในส่วนนี้จะเป็นการออกแบบภาพรวมขั้นตอนและวิธีการดำเนินการของระบบตรวจสอบอาวุธปืนจากภาพถ่ายปลอกกระสุนปืน ในส่วนของจอกแก๊ป โดยใช้วิธีการประมวลผลภาพในปริภูมิกายภาพ ซึ่งสามารถแสดงภาพรวมของระบบดังรูป 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงภาพรวมของระบบ

การกล่าวถึงรายละเอียดในบทถัดๆไปทั้งหมดในปริภูมิกายภาพนี้จะแสดงไว้ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งเป็นตัวอ้างอิงหลัก และในส่วนของรายละเอียดย่อยๆในแต่ละส่วนนั้นจะกล่าวในบทถัดไป

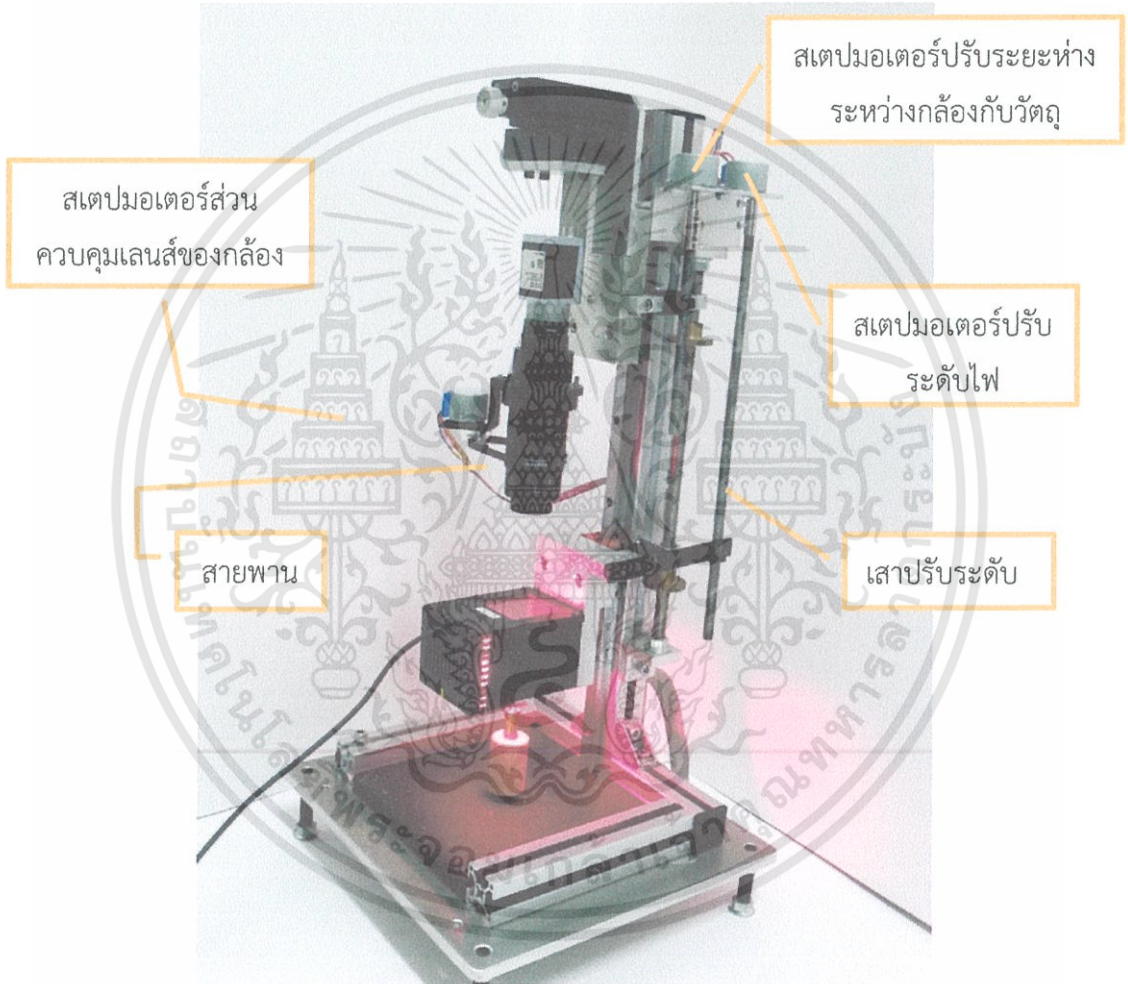
3.1.1 การเตรียมตัวอย่าง

การกล่าวถึงรายละเอียดในบทถัดๆไปทั้งหมดในปริภูมิกายภาพนี้จะแสดงไว้ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งเป็นตัวอ้างอิงหลัก และในส่วนของรายละเอียดย่อยๆในแต่ละส่วนนั้น จะกล่าวในบทถัดไป ปลอกกระสุนปืนที่ผ่านการยิงแล้วจะเกิดร่องรอยอันเนื่องมาจากการจุดชนวน บริเวณจอกแก๊ป รวมถึงรอยคุณลักษณะเฉพาะต่างๆ ขึ้น เพื่อที่จะนำมาใช้ในระบบตรวจสอบปลอกกระสุนปืนด้วยการประมวลผลภาพแล้ว ภาพที่ได้จึงมีความสำคัญ ซึ่งจะต้องชัดเจนดี ฉะนั้นปลอกกระสุนปืนจะต้องไม่มีร่องรอยที่ไม่เกี่ยวข้องอยู่ด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องล้างทำความสะอาดปลอกกระสุนปืนก่อนการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาถ่ายภาพโดยใช้ อะซิโตน ซึ่งเป็นสารระเหยง่าย เมื่อนำมาทำความสะอาดแล้วจึงสามารถนำปลอกกระสุนปืนไปใช้ถ่ายภาพได้ทันที

3.1.2 การถ่ายภาพปลอกกระสุน

การได้มาของภาพถือว่าเป็นส่วนสำคัญมากในระบบเพราะจะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับภาพของปลอกกระสุนปืนให้เข้ามาสู่ในรูปของภาพดิจิทัลได้อย่างเหมาะสม เพื่อเป็นการถ่ายภาพปลอกกระสุนปืน ในส่วนของจอกแก้วให้ชัดเจนมากขึ้น โดยได้มีการออกแบบใหม่และการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์และเพิ่มเติมบางอย่างเข้าไปเพื่อให้เหมาะสมกับการถ่ายภาพ และเพียงพอกับงบประมาณที่จำกัด ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 3.2 สิ่งที่เพิ่มเติมให้กับอุปกรณ์เดิม

3.1.3 การประมวลผลภาพขั้นต้น

การประมวลผลภาพขั้นต้นจะเป็นการนำวิธีทางคณิตศาสตร์และเทคนิคทางการประมวลผลภาพดิจิทัลมาทำการปรับแต่งภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ ซึ่งมีวิธีการที่สามารถนำมาใช้ได้ โดยจะกล่าวในบทต่อไป

3.1.4 การวิเคราะห์

การวิเคราะห์ที่นำมาใช้ในปริญญาโทฉบับนี้ จะแบ่งออกเป็นสองรูปแบบใหญ่ ๆ คือ การวิเคราะห์เชิงกายภาพและวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ โดยการวิเคราะห์เชิงกายภาพจะเป็นการวิเคราะห์ที่หยากกว่าการวิเคราะห์ในเชิงคณิตศาสตร์ โดยจะกล่าวในบทต่อไป

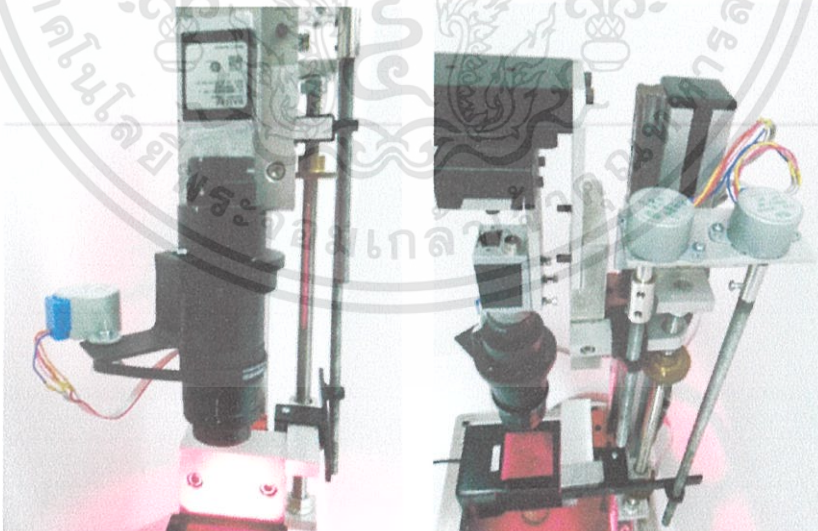
3.1.5 การชี้ระบุ

คือ การนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์มาหาความสัมพันธ์และชี้วัดด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อชี้ระบุว่าภาพถ่ายหัวกระสุนปืนที่นำมาทดสอบนั้น มาจากปืนกระบอกเดียวกันหรือไม่ โดยจะนำเสนอผลการทดลองของระบบตรวจสอบปลอกกระสุนปืนด้วยวิธีการประมวลผลภาพถ่ายจากแก๊บของปลอกกระสุนปืนที่ได้ออกแบบไว้

3.2 การออกแบบฮาร์ดแวร์

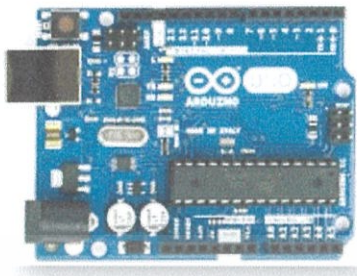
จากปริญญาโทเรื่องระบบตรวจสอบอาวุธปืนโดยพิจารณาคุณลักษณะเชิงพื้นผิวของภาพถ่ายหัวกระสุนปืนเนื่องจากมีข้อจำกัดในการนำปลอกกระสุนปืนมาตรวจสอบ เช่น การติดตั้งไฟส่องสว่าง และมอเตอร์บริเวณฐานเพื่อใช้หมุนกระสุนปืนที่มีอยู่เดิม เป็นต้น รวมทั้งการถ่ายภาพในโครงการเดิมที่เคยนำมาใช้มือในการปรับโฟกัสของกล้องเพื่อให้ภาพชัดเจน ซึ่งการใช้มือหมุนเพื่อปรับโฟกัสภาพอาจจะได้ภาพที่นำไปประมวลผลเกิดความผิดพลาดเกิดขึ้น ทางคณะผู้จัดทำจึงเพิ่มเติมในส่วนของสเตปมอเตอร์บริเวณต่างๆ 3 ตำแหน่งให้กับอุปกรณ์เดิมดังนี้

1. บริเวณลำกล้อง เพื่อปรับกำลังขยายภาพให้ชัดเจน
2. บริเวณตัวกล้อง เพื่อปรับภาพเมื่อต้องการภาพขยายเฉพาะจุดที่สนใจ
3. บริเวณไฟส่องสว่าง เพื่อปรับความสูงต่ำของแสงตามความของผู้ใช้งาน

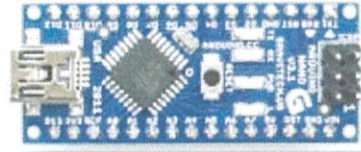


รูปที่ 3.3แสดงสเตปมอเตอร์บริเวณลำกล้องและสเตปมอเตอร์บริเวณเสาเกลียวปรับระดับ โดยมีสายพานรัดไว้ระหว่างกล้อง ซึ่งด้านซ้ายเป็นการปรับระดับของกล้องและมอเตอร์ด้านขวาเป็นการปรับระดับของไฟส่องสว่าง

สเตปมอเตอร์ทั้งสาม จะควบคุมด้วยโปรแกรมที่เขียนขึ้น โดยสั่งงานผ่านแผงควบคุม ไมโครคอนโทรลเลอร์สำเร็จรูป หรือบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ บอร์ด Arduino Uno R3 และ Arduino Nano V3

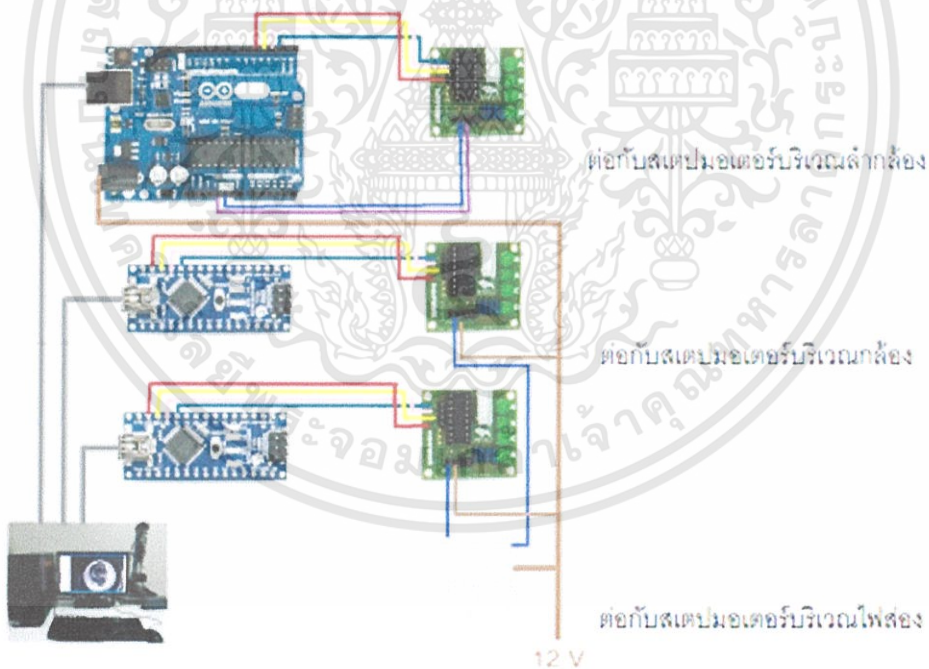


รูปที่ 3.4 Arduino Uno R3



รูปที่ 3.5 Arduino Nano V3

สเตปมอเตอร์ตัวแรกที่ติดตั้งบริเวณลำกล้อง ต่อกับบอร์ด Arduino Uno R3 และสเตปมอเตอร์ที่ควบคุมตัวกล้องและไฟส่องสว่างจะใช้บอร์ด Arduino Nano V3 ควบคุมอย่างละตัว โดยรับไฟ 12 โวลต์จากบอร์ด Arduino Uno R3 และบอร์ดทั้ง 3 เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่าน USB Hub ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Arduino กับคอมพิวเตอร์และบอร์ดสำหรับขับสเตปมอเตอร์

3.2.1 คุณสมบัติของสเตปมอเตอร์

เป็นมอเตอร์แบบ 4 เฟส รุ่น 28BYJ-48 แรงดันไฟฟ้าแบบ 5 โวลต์และ 12 โวลต์ อัตราส่วนฟันเฟือง 1/64 มีสายไฟ 5 เส้น ควบคุมด้วยส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

3.2.2 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์

บอร์ด Arduino Uno R3 และบอร์ด Arduino Nano V3

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Flash Memory	32 KB (ATmega328)

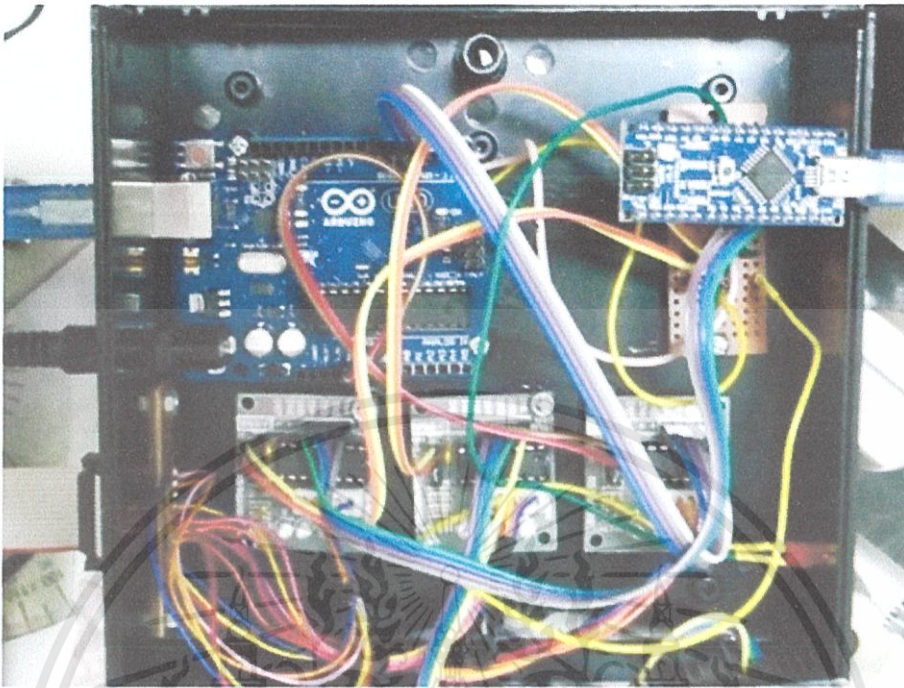
ขั้นตอนการทำงานของสเตปมอเตอร์บริเวณลำกล้องสำหรับการถ่ายภาพ

1. เปิดโปรแกรมถ่ายภาพพ्लอกกระสุนจะได้ภาพพ्लอกกระสุนที่มัวไม่ชัดเจน
2. เปิดโปรแกรมควบคุมสเตปมอเตอร์ แล้วเลือกพอร์ทของบอร์ด Arduino Uno R3 คลิกเชื่อมต่อคลิกปุ่มหมุน
ซ้ายหรือหมุนขวา มอเตอร์จะหมุนตามคำสั่งและดึงสายพานที่คล้องกับลำกล้องให้หมุนไปตามทิศทางที่ต้องการ
3. ภาพที่ได้จะเกิดการปรับภาพให้ชัดขึ้น เมื่อใกล้ถึงภาพชัดให้กดปุ่มหยุดการปรับภาพ เมื่อภาพหยุดจะได้ภาพที่
ยังชัดที่ยังไม่เพียงพอ จึงจะต้องคลิกปุ่มหมุนซ้ายหรือหมุนขวาที่ละรอบการทำงานของสเตปมอเตอร์โดยที่
หลอด LED บริเวณบอร์ดควบคุมมอเตอร์จะแสดงไฟ A B C และ D กระพริบตามลำดับหนึ่งครั้ง
โดยในแต่ละ
ครั้งมอเตอร์จะหมุนครั้งละ 5.624/64 องศา
4. ภาพที่ชัดเจนตามที่ต้องการ จากนั้นจึงนำภาพไปประมวลผลต่อไป

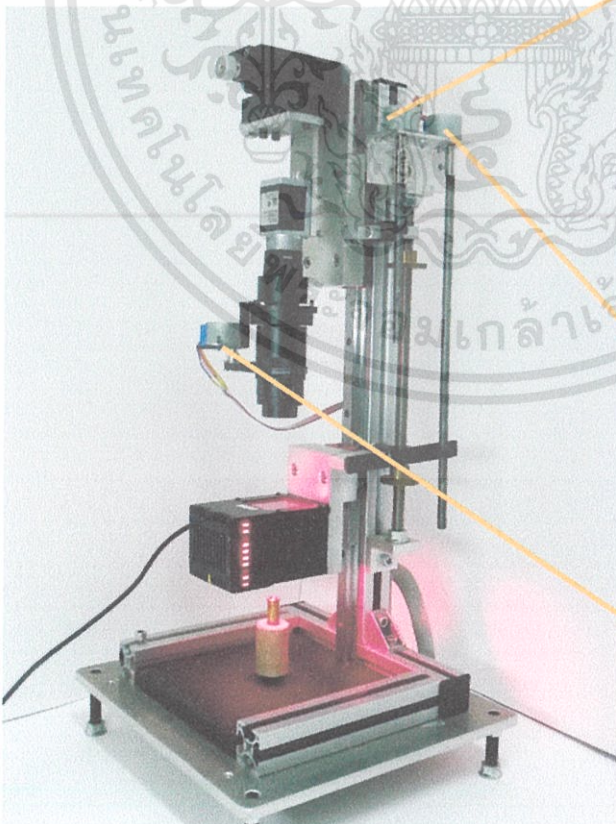
ขั้นตอนการทำงานของสเตปมอเตอร์ปรับระดับกล้องและระดับของไฟส่องสว่าง

1. เปิดโปรแกรมถ่ายภาพพ्लอกกระสุน ปรับภาพให้ชัดตามขั้นตอนของสเตปมอเตอร์บริเวณลำกล้อง
2. ไปที่ส่วนของการปรับความสูงต่ำของกล้อง คลิกปุ่มเลื่อนระดับขึ้นหรือลงตามที่ต้องการ จากนั้นจึงคลิกปุ่มหยุด
จะได้ภาพขยายเฉพาะส่วนที่ใหญ่ขึ้น
3. ไปที่ส่วนของการปรับความสูงต่ำของไฟส่องสว่าง คลิกปุ่มเลื่อนระดับขึ้นหรือลงตามที่ต้องการ
จากนั้น จึงคลิก

ปั๊มหยุดก็จะได้ระดับไฟตามที่ต้องการ



รูปที่ 3.7 ภาพการเชื่อมต่อของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno และ Arduino Nano V3 กับบอร์ดตัวขับเคลื่อนมอเตอร์แต่ละตัว

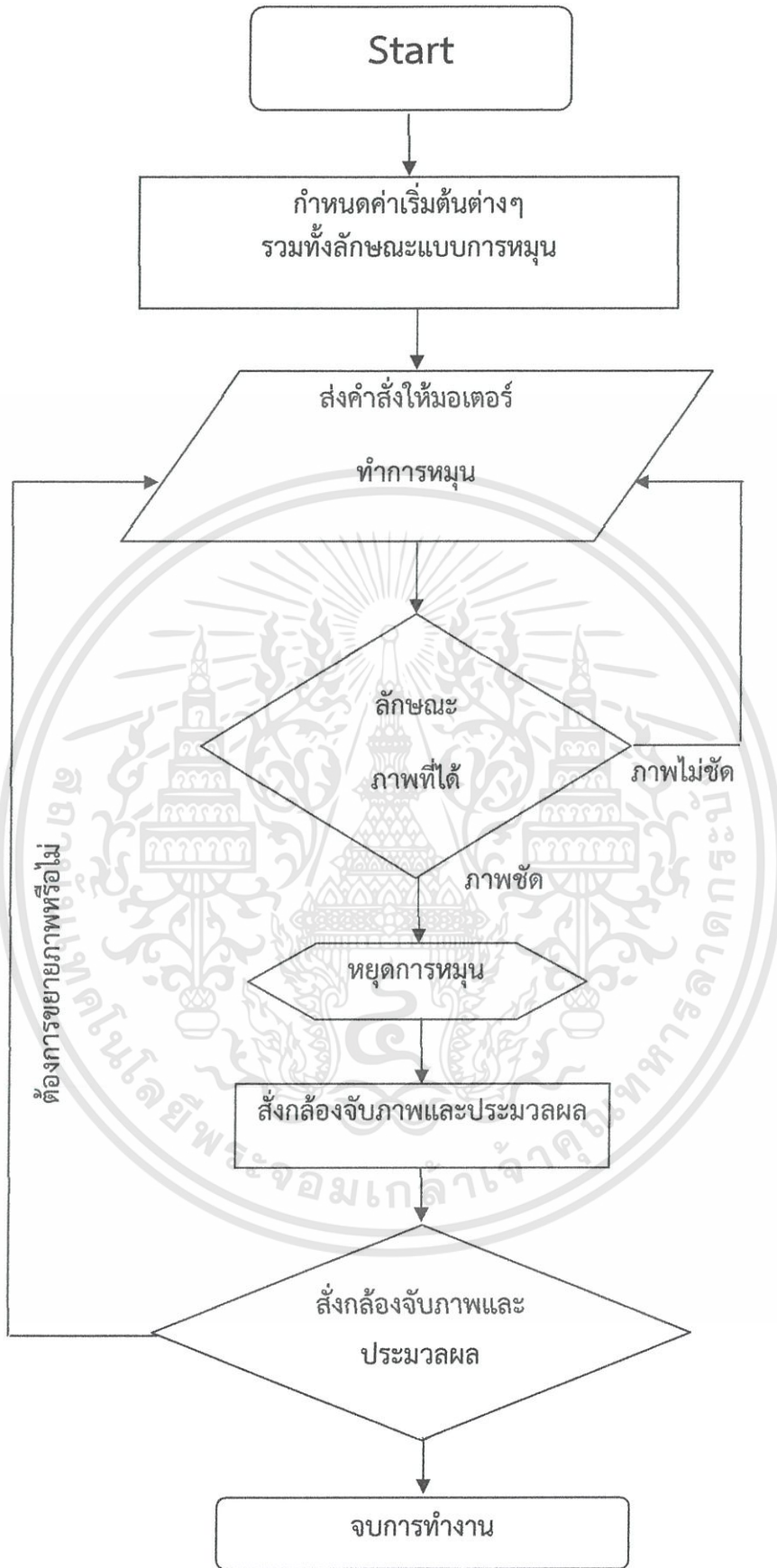


สเตปมอเตอร์ปรับระยะห่างระหว่าง
กล่องกับวัตถุ หมุนผ่านเกลียวของ
เสาปรับระดับ

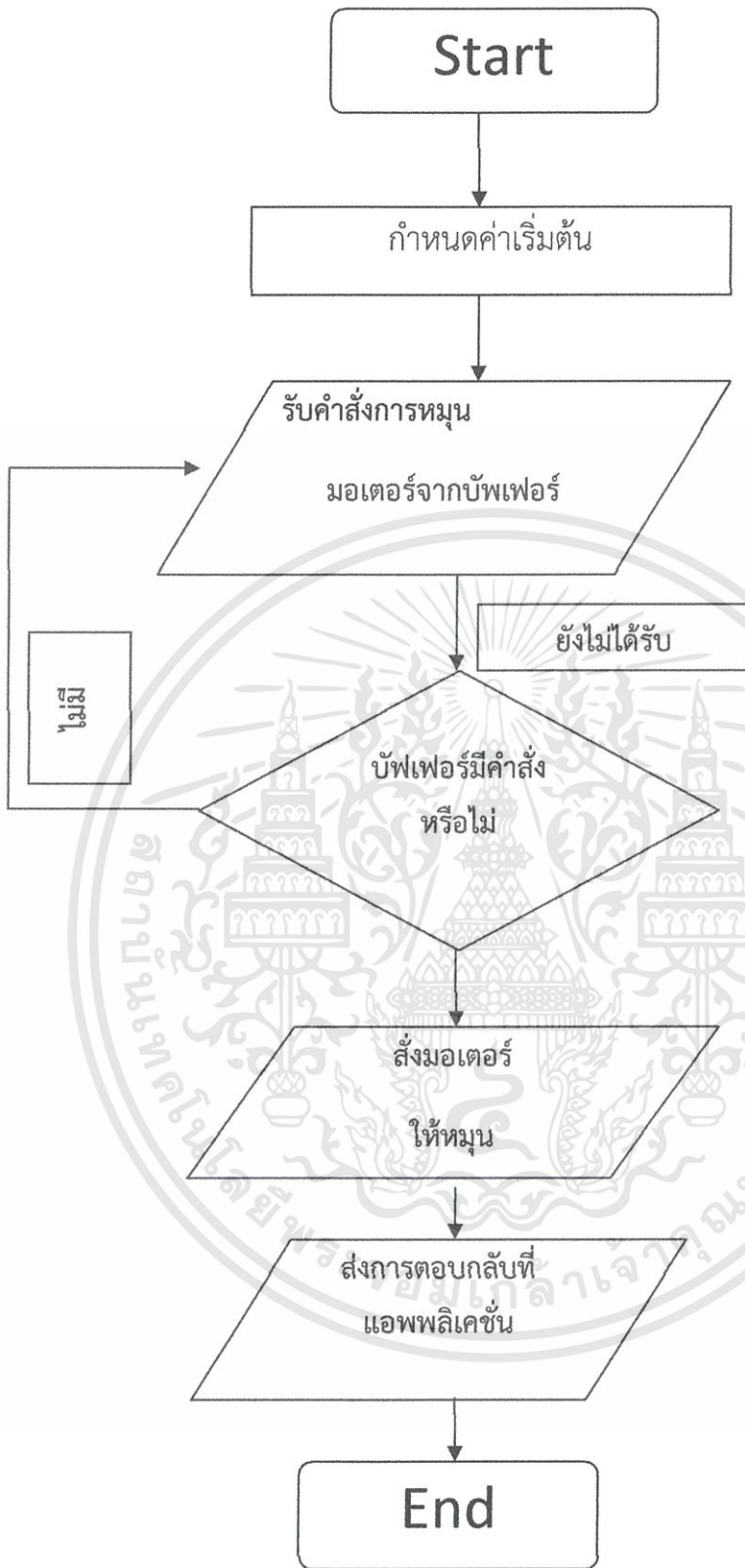
สเตปมอเตอร์ปรับระยะห่างระหว่าง
ไฟกับวัตถุ หมุนผ่านเกลียวของเสา
ปรับระดับ

สเตปมอเตอร์ควบคุมเลนส์ของกล่อง
ผ่านสายพาน

รูปที่ 3.8 แสดงการทำหน้าที่ของสเตปมอเตอร์ในบริเวณต่างๆ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงการทำงานของกล้องถ่ายภาพโดยสั่งงานผ่านโปรแกรม ให้สเตปมอเตอร์หมุน



รูปที่ 3.10 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์

3.3 การออกแบบซอฟต์แวร์

ในส่วนของการออกแบบซอฟต์แวร์มีการออกแบบขั้นตอนในการทำงาน โดยเน้นให้ใช้งานต่อผู้ใช้งานทั่วไป ทั้งในแง่ของการใช้งานและการจัดเก็บข้อมูล เริ่มด้วยการถ่ายภาพของปลอกกระสุนปืน การควบคุมมอเตอร์ในการถ่ายภาพ รวมไปถึงการวิเคราะห์ข้อมูลภาพที่ถ่ายเข้ามาและสุดท้ายจะเป็นกราฟิกกับผู้ใช้งาน(Graphical User Interface : GUI)

3.3.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ

ภาพรวมการทำงานในระบบซอฟต์แวร์หรือแอปพลิเคชันจะแบ่งออกได้เป็น 2 โปรแกรมหลักคือ โปรแกรมถ่ายภาพปลอกกระสุนปืน และโปรแกรมวิเคราะห์ภาพปลอกกระสุนปืน โดยโปรแกรมถ่ายภาพปลอกกระสุนปืนจะมีโปรแกรมมอเตอร์ที่ช่วยในการปรับภาพและส่วนโปรแกรมวิเคราะห์ภาพจะประกอบไปด้วย Login, Edge Detection, Analysis Image, และ Approximate Circle ในแต่ละส่วนจะมีหน้าที่ที่ต่างแตกต่างกันไป

3.3.2 การออกแบบติดต่อกับผู้ใช้งาน

ในการพัฒนาส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานได้พัฒนามาจากโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010 ซึ่งเป็นโปรแกรมจากค่าย Microsoft ที่นิยมนำมาใช้ในการสร้างแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการ Windows โดยมีพื้นฐานพัฒนาอยู่บน Dot Net Framework 4.0 โดยแสดงส่วนการใช้งานของโปรแกรกดังนี้

3.3.2.1 ส่วนหน้าระบบ(Login)

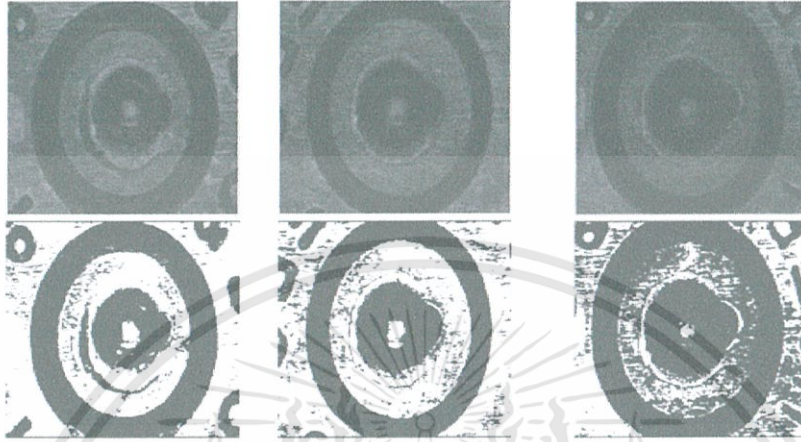
เป็นส่วนที่ใช้ในการลงชื่อเข้าใช้ระบบ โดยการเข้าใช้ระบบจำเป็นต้องมีการกำหนดชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านของผู้ใช้งานของแต่ละคน เพื่อกำหนดสิทธิในการเข้าใช้งาน แสดงภาพส่วนหน้าต่าง Login ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงหน้าต่าง Login

3. ส่วนของการวิเคราะห์ภาพ(Analysis Image)

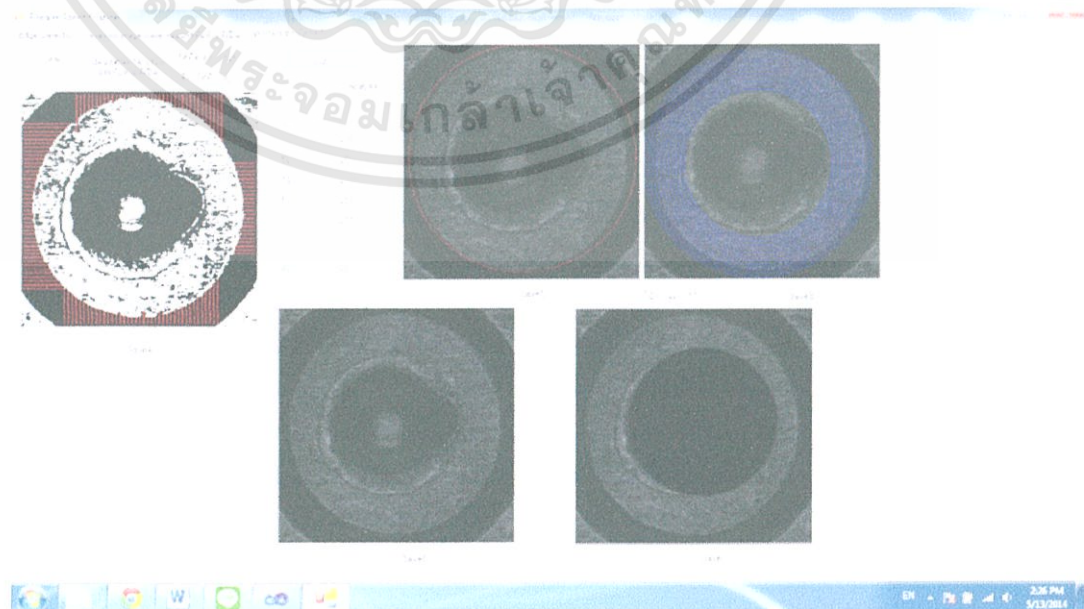
เป็นส่วนที่ใช้ในการแยกภาพที่ถ่ายได้มานำมาวิเคราะห์ เพื่อหาภาพไหนเป็นภาพที่เห็นร่องรอยของปลอกกระสุนปืนชนิดที่สุด แสดงโปรแกรมดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.14 แสดงภาพร่องรอยของปลอกกระสุน

4. ส่วนของการประมาณค่าจุดศูนย์กลาง(Circle Approximate)

ในส่วนหน้าต่างโปรแกรมส่วนนี้ จะเป็นการเลือกภาพจาก Analysis Image ที่เห็นร่องรอยของปลอกกระสุนปืนที่ชัดเจนที่สุด แล้วมาทำการตัดประมาณค่าจุดศูนย์กลางภาพแสดงหน้าต่างโปรแกรมดังรูปที่ 3.15

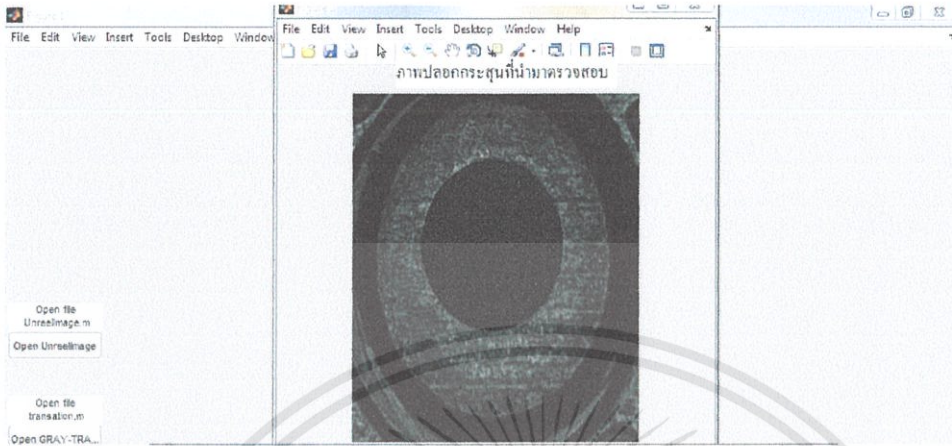


รูปที่ 3.15 แสดงหน้าต่าง Circle Approximate

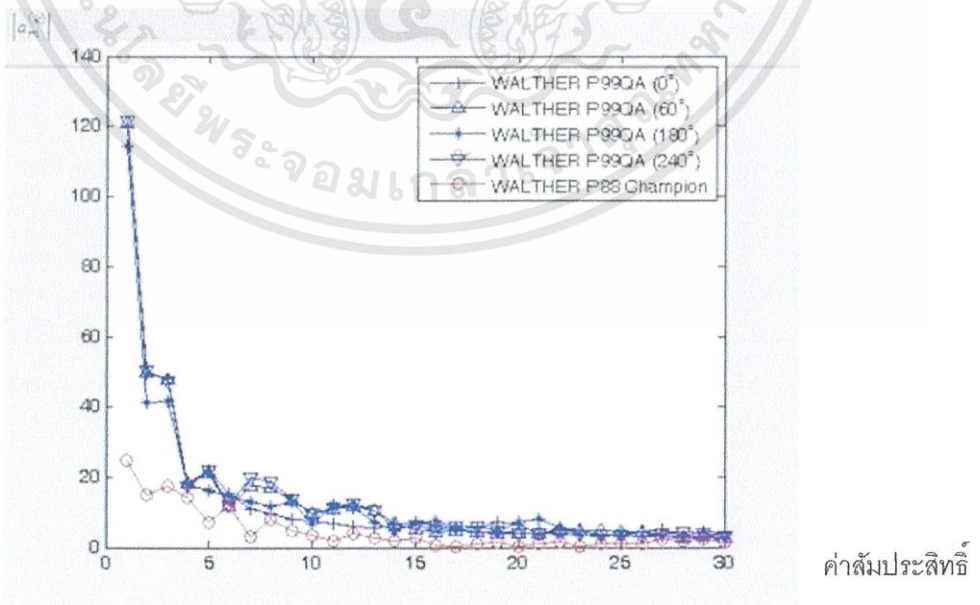
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูล(Analysis)

เป็นส่วนที่ประกอบด้วยการแปลงภาพจากพิกัดฉากไปเป็นภาพเชิงขั้วและกราฟแสดงค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ แสดงดังรูปที่ 3.16



ภาพคลี่จากภาพปลอกกระสุนที่นำมาตรวจสอบ



รูปที่ 3.16แสดงตัวอย่างหน้าต่าง Analysis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การประมวลผล

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการประมวลผลเบื้องต้น(Preprocessing) ที่ใช้ในการดึงลักษณะเด่นของรอยที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นผิวของจอกแก้ว(Primer) ของปลอกกระสุนปืน โดยตัดในส่วนของรอยที่เกิดจากเข็มแทงขนวนออกจะนำเฉพาะรอยที่เกิดจากการกระแทกกับแป้นปิดท้ายรังเพลิง ซึ่งจะเป็นรอยที่แสดงคุณลักษณะเฉพาะตัวของปลอกกระสุนปืนว่ามาจากปืนกระบอกเดียวกันหรือปืนคนละกระบอกมาใช้ในการหาหลักฐานเด่น จากนั้นจะเป็นการแก้ปัญหาจากการหมุนไปของภาพถ่ายปลอกกระสุนปืนที่องศาแตกต่างกัน ที่ทำให้ภาพปลอกกระสุนปืนที่ยิงจากปืนกระบอกเดียวกันมีความต่างกัน โดยในขั้นแรกจะนำภาพปลอกกระสุนปืนที่ได้มาทำการแยกบริเวณที่จะได้พิจารณา โดยตัดภาพของรอยเข็มแทงขนวนออก โดยพิจารณาได้จากการคำนวณหาจุดศูนย์กลางของภาพจานท้ายของปลอกกระสุนปืน และกำหนดขอบเขตของรัศมีให้ครอบคลุมพื้นที่ของจอกแก้วเพียงอย่างเดียว จากนั้นจะแปลงระบบภาพปลอกกระสุนปืนจากระบบพิกัดคาร์ทีเซียนมาเป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว และนำภาพปลอกกระสุนปืนในระบบพิกัดเชิงขั้ว กระจายลงในอนุกรมฟูเรียร์ ซึ่งคุณสมบัติที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามการหมุนของภาพปลอกกระสุนปืน สามารถแสดงได้ด้วยค่าสมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์นั่นเอง

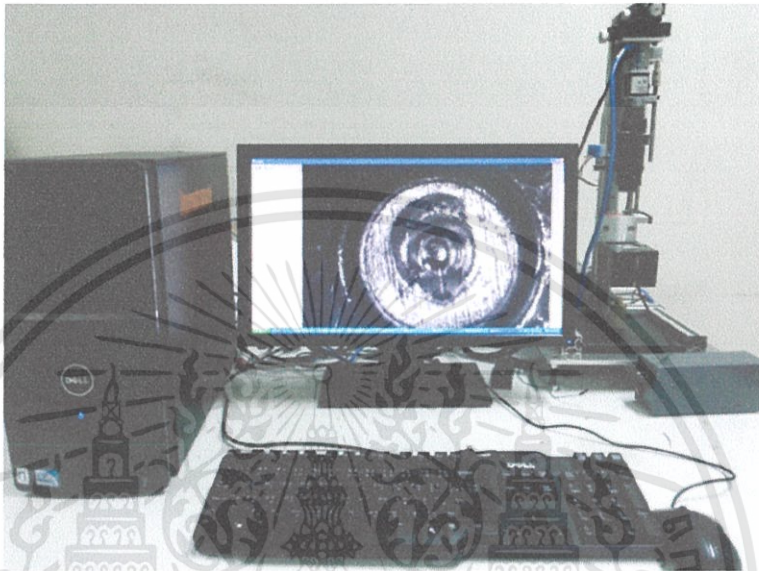


รูปที่ 4.1 แสดงภาพตัวอย่างภาพปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม. รอยที่เกิดบริเวณจอกแก้วที่นำไปใช้ในการทดลอง



รูปที่ 4.2 แสดงภาพตัวอย่างภาพปลอกกระสุนปืนขนาด .38 รอยที่เกิด บริเวณจอกแก้ว ที่นำไปใช้ในการทดลอง

ภาพที่ได้จากปลอกกระสุนปืนในงานปริญญาโทฉบับนี้ ได้มาจากการใช้กล้องถ่ายภาพที่ถูกแปลงให้เป็นภาพแบบดิจิทัล ซึ่งภาพที่นำมาใช้จะเป็นภาพของระดับสีเทาที่มีความแตกต่างกันของระดับสีเทา 256 ระดับ โดยกำหนดเงื่อนไขในการควบคุมแสงและตำแหน่งให้มีค่าคงที่ ในปริญญาโทฉบับนี้จะนำรอยที่มีบริเวณจ็อกแก๊ป โดยตัดในส่วนของรอยที่เกิดจากเข็มแทงชนวน ออก มาใช้ในการพิจารณาถึงคุณลักษณะเด่นที่เป็นเอกลักษณ์ของปืนแต่ละกระบอก



รูปที่ 4.3 แสดงการถ่ายภาพปลอกกระสุนปืนที่ใช้ในปริญญาโทฉบับนี้

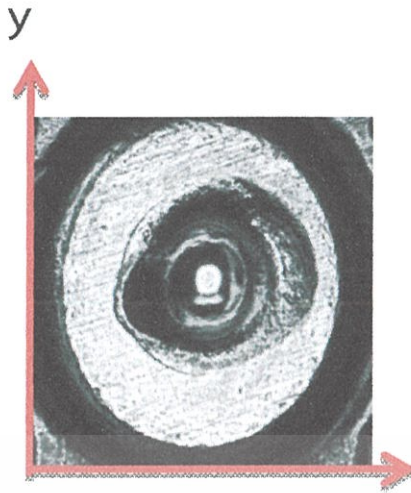
รูปที่ 4.1-4.2 แสดงตัวอย่างของภาพปลอกกระสุนปืนที่ใช้ในปริญญาโทฉบับนี้ โดยแสดงรอยบริเวณจ็อกแก๊ป ซึ่งเป็นภาพถ่ายปลอกกระสุนปืนที่ถูกยิงจากปืนที่มีขนาดลำกล้อง 9 มม. และปืนขนาด .38 จากนั้นจะนำภาพในระดับสีเทาของภาพถ่ายดังกล่าวมาแสดงในรูปของฟังก์ชันต่อเนื่องแบบ 2 มิติ ในระบบคู่ลำดับคาร์ทีเซียนที่ได้จากสมการที่ 4.1 และ 4.2 ดังต่อไปนี้

$$f(x, y) = \sum_{n=0}^Q \sum_{m=0}^Q F(n, m) \phi(x - n, y - m) \quad (4.1)$$

เมื่อ

$$\phi(x, y) = \frac{\sin \pi x}{\pi x} \cdot \frac{\sin \pi y}{\pi y} \quad (4.2)$$

และ Q เป็นขนาดภาพมีค่าเป็นจำนวนเต็ม ส่วนค่า $F(n, m)$ เป็นค่าของระดับสีเทา ณ ตำแหน่งที่ (n, m)

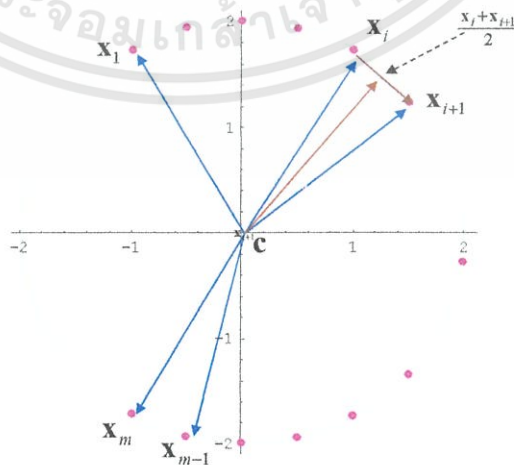


รูปที่ 4.4 แสดงปลอกกระสุนปืนในรูปฟังก์ชันต่อเนื่องแบบ 2 มิติ

4.1 การประมาณค่าจุดศูนย์กลางวงกลมบริเวณงานท้ายปลอกกระสุนปืนและรัศมี

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงการประมวลผลเบื้องต้น เพื่อทำการแยกวัตถุบริเวณที่จะนำมาพิจารณาก่อนที่จะนำไปสู่ขั้นตอนกระบวนการในการตรวจสอบ ซึ่งในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะบริเวณจอกแก้วของปลอกกระสุนปืน โดยภาพของปลอกกระสุนปืนที่จะนำมาใช้จะเป็นภาพที่อยู่ในระดับสีเทาที่มีความแตกต่างกันของระดับสีเทา 256 ระดับ จากนั้นจะทำการหาตำแหน่งขอบของงานท้ายของภาพถ่ายปลอกกระสุนปืน เพื่อที่จะนำตำแหน่งดังกล่าวไปคำนวณหาจุดศูนย์กลางบริเวณงานท้ายของปลอกกระสุนปืนแล้วนำมาพิจารณากำหนดความยาวของรัศมีในการแยกวัตถุบริเวณที่จะพิจารณาก่อนที่จะนำไปสู่ขั้นตอนการตรวจสอบต่อไป การประมาณค่าจุดศูนย์กลางบริเวณงานท้ายปลอกกระสุนปืนทำได้ดังต่อไปนี้

การประมาณค่าจุดศูนย์กลางของวงกลมบนงานท้ายปลอกกระสุนปืน (C) โดยใช้จุดที่อยู่บนขอบวงกลม (X_i) ซึ่งในที่นี้คือจุดที่ได้จากตำแหน่งบนขอบงานท้ายปลอกกระสุนปืนและจุดถัดไป (X_{i+1}) ที่อยู่บนวงกลมแสดงได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงการประมาณค่าจุดศูนย์กลางของวงกลมและจุดบนบริเวณขอบวงกลม

เมื่อค่า c แสดงจุดศูนย์กลางของวงกลมและค่า x_i เป็นจุดบนบริเวณรอบวงกลม

$$c = \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \end{pmatrix}, x_i = \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix} \text{ และ } x_{i+1} = \begin{pmatrix} x_{i+1} \\ y_{i+1} \end{pmatrix} \quad (4.3)$$

เมื่อเวกเตอร์สองเวกเตอร์ได้แก่เวกเตอร์ $c - \frac{x_{i+1} + x_i}{2}$ และเวกเตอร์ $x_{i+1} - x_i$ มีลักษณะที่ตั้งฉากกัน เมื่อนำเวกเตอร์ทั้งสองมาคูณกันจะมีค่าเป็นศูนย์ ดังแสดงได้จากสมการที่ 4.4

$$\left(c - \frac{x_{i+1} + x_i}{2} \right)^T (x_{i+1} - x_i) = 0 \quad (4.4)$$

โดยที่เวกเตอร์ x^T เป็นค่าสลับเปลี่ยนของเวกเตอร์ x สามารถเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$(x_{i+1} - x_i)^T c = \frac{1}{2} (x_{i+1} - x_i)^T (x_{i+1} + x_i) \quad (4.5)$$

กำหนดให้จุดที่อยู่บนบริเวณวงกลมมีทั้งหมด m จุดได้แก่จุดที่ x_1, x_2, \dots, x_m และจุดถัดไปตามสมการต่อไปนี้

$$\begin{bmatrix} (x_2 - x_1)^T \\ (x_3 - x_2)^T \\ \vdots \\ (x_m - x_{m-1})^T \end{bmatrix} c = \frac{1}{2} (\|x_{i+1}\|^2 - \|x_i\|^2) \quad (4.6)$$

โดยกำหนดให้ค่าเวกเตอร์ A เป็นเวกเตอร์แสดงระยะห่างของจุด x_{i+1} กับจุด x_i บนวงกลม และเวกเตอร์ b_i แสดงค่าระยะห่างของขนาดที่จุด (x_{i+1}) และจุด (x_i) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$b_i = \|x_{i+1}\|^2 - \|x_i\|^2 = (x_{i+1}^2 + y_{i+1}^2) - (x_i^2 + y_i^2)$$

เมื่อ b_i เป็นการหาขนาดที่จุด x_{i+1} และจุด x_i โดยที่ i เป็นจำนวนจุดใดๆ บน

วงกลม

$$A = \begin{pmatrix} (x_2 - x_1)^T \\ (x_3 - x_2)^T \\ \vdots \\ (x_m - x_{m-1})^T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 \\ x_3 - x_2 & y_3 - y_2 \\ \vdots & \vdots \\ x_m - x_{m-1} & y_m - y_{m-1} \end{pmatrix}, b = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_{m-1} \end{pmatrix}$$

จากสมการที่ 4.6 สามารถเขียนได้ใหม่

$$Ac = b \quad (4.7)$$

สามารถคำนวณหาค่าที่น้อยที่สุด (Minimize) ของ $\|e\|^2 = \|b - Ac\|^2$ ได้จาก

$$e = b - Ac \quad (4.8)$$

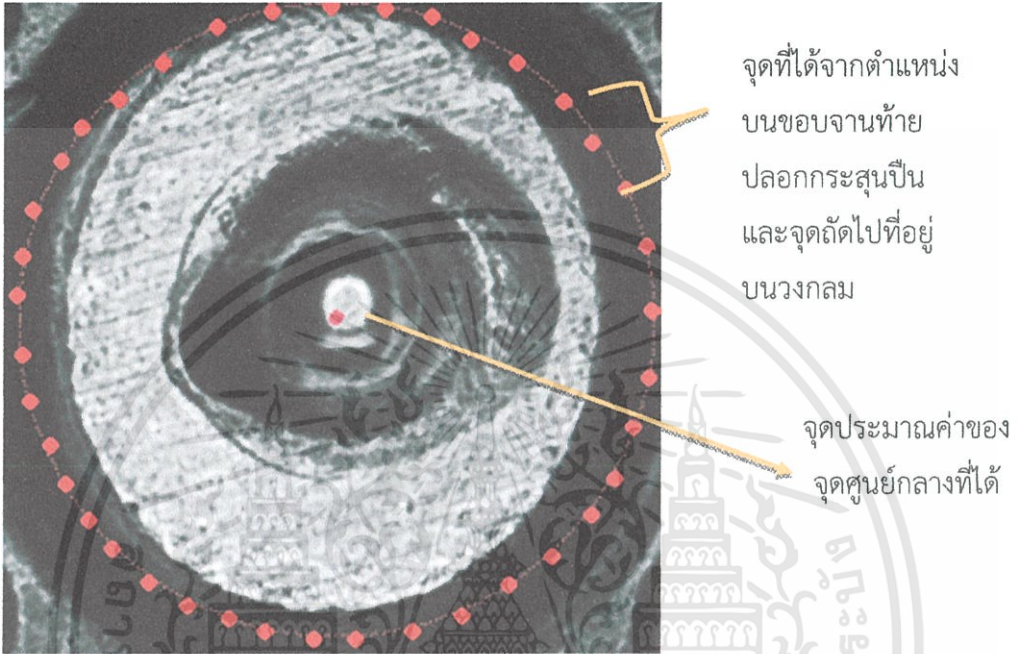
โดยกำหนดให้ค่าจุดศูนย์กลางของวงกลมที่เหมาะสมสามารถคำนวณได้จาก

$$c = \frac{1}{2} (A^T A)^{-1} A^T b \quad (4.9)$$

และสามารถทำการประมาณค่ารัศมี r ของวงกลมได้จาก

$$r = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \|c - x_i\|^2} \quad (4.10)$$

ตัวอย่างผลของการประมาณค่าจุดศูนย์กลางดังกล่าวแสดงได้ในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่างผลของการประมาณค่าจุดศูนย์กลาง

4.2 การแปลงระบบพิกัดฉาก (Cartesian Coordinates) เป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar Coordinates)

เนื่องจากภาพถ่ายจานท้ายของปลอกกระสุนปืนที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพที่ ถูกแปลงให้เป็นภาพแบบดิจิทัล ซึ่งในแต่ละครั้งนั้นจะมีการหมุนไปของปลอกกระสุนปืนในองศาที่ ต่างกัน เพื่อที่จะได้มาซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามการหมุนของปลอกกระสุนปืนบริเวณที่ เกิดร่องรอยของเข็มแทงชนวนที่ใช้ในการพิจารณา ในขั้นแรกจะทำการแปลงระบบพิกัดของ ภาพถ่ายบริเวณรอยที่เกิดจากเข็มแทงชนวนที่เป็นระบบพิกัดฉาก (Cartesian Coordinates (x, y)) ให้อยู่ในระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar Coordinates (r, θ)) สามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$x = r \cos \theta \quad (4.11)$$

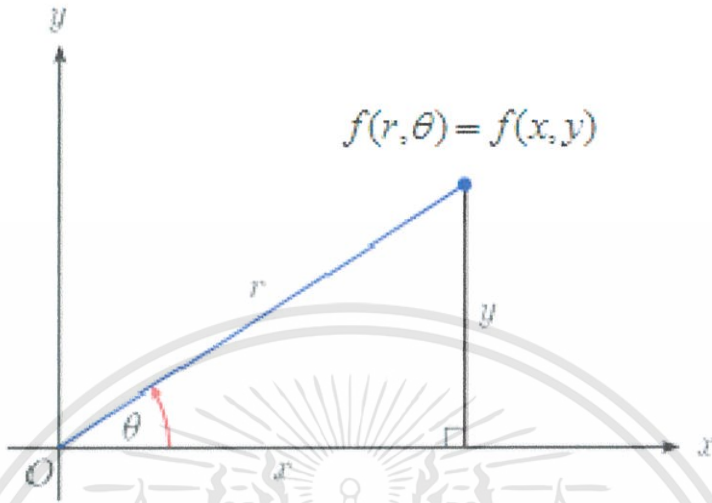
$$y = r \sin \theta \quad (4.12)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (4.13)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y}{x} \quad (4.14)$$

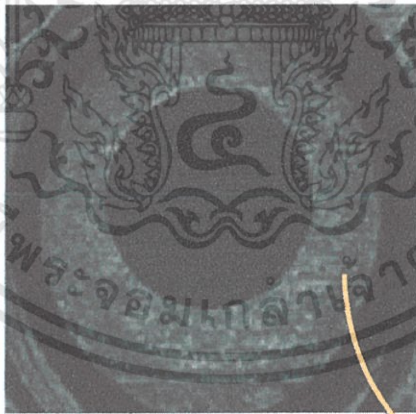
โดยที่ $r > 0, 0 < \theta < 2\pi$

จากสมการข้างต้นสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 4.14 โดยกำหนดให้รัศมีของระบบพิกัดเชิงขั้วและจุดกำเนิดของระบบพิกัดฉากเป็นจุดเดียวกัน และแกนเชิงขั้วของระบบพิกัดเชิงขั้วทับกับแกน x ด้านบวกของระบบพิกัดฉาก

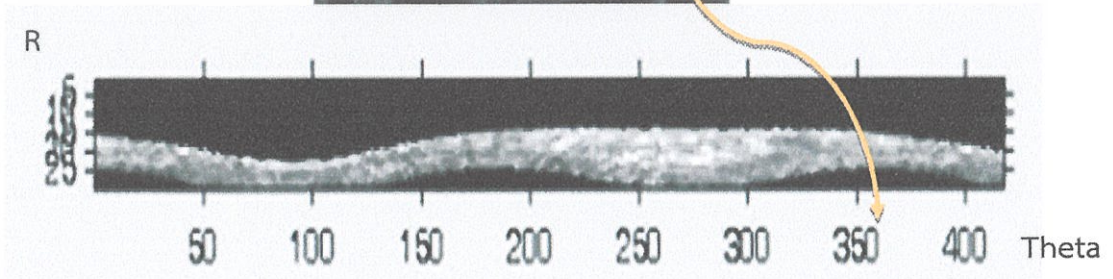


รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดเชิงขั้ว

ซึ่งสามารถแปลงระบบพิกัดฉาก เป็นระบบพิกัดเชิงขั้วได้ในรูปของ $f(r, \theta)$ โดยที่

$$f(r, \theta) = f(r \cos \theta, r \sin \theta) \quad (4.15)$$


การแปลงระบบพิกัดฉาก (x, y) ของภาพลอกกระสุนปืนบริเวณจอกแก้วไปเป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว (r, θ)



รูปที่ 4.8 การแปลงระบบพิกัดฉาก (x, y) ของภาพลอกกระสุนปืนบริเวณจอกแก้วไปเป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว (r, θ)

4.3 การประมาณค่าด้วยฟูเรียร์(Fourier Approximation)

สำหรับการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนในกรณีที่ปลอกกระสุนปืนมีขนาดเท่ากันแล้ว รอย เข็มแทงขนวนและรอยที่เกิดจากการที่ปลอกกระสุนปืนกระทบกับแป้นปิดท้ายรังเพลิง ถือเป็นสิ่ง สำคัญสิ่งหนึ่งสำหรับใช้ในการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าจะกำหนดตำแหน่ง การถ่ายภาพของปลอกกระสุนปืนให้มีค่าคงที่แต่ในความเป็นจริงแล้วเราไม่สามารถควบคุมการหมุน ของปลอกกระสุนปืนให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกันได้ จากสาเหตุนี้จึงทำให้ภาพถ่ายของปลอกกระสุน ปืนที่ยิงมาจากกระบอกเดียวกันมีความแตกต่างกัน ดังนั้นคุณสมบัติที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามการหมุน ของปลอกกระสุนปืนถือว่าเป็นสิ่งสำคัญที่จำเป็นสำหรับการสร้างระบบอัตโนมัติสำหรับตรวจสอบ ปลอกกระสุนปืนเพื่อที่จะได้มาของคุณสมบัติดังกล่าวเราจึงตั้งสมมติฐานให้ฟังก์ชัน $f(r, \theta)$ ได้ โดย ปราศจากความสูญเสียคุณสมบัติโดยทั่วไปดังนี้

$$f(r, \theta) = f(r, \theta + 2m\pi) \quad (4.16)$$

โดยกำหนดให้ m เป็นจำนวนเต็ม และ $f(r, \theta)$ จะถูกกระจายลงบนอนุกรมฟูเรียร์ โดย กำหนดให้ $r = r_k$ (เป็นค่าคงที่) ดังต่อไปนี้

$$f(r_k, \theta) = \sum_{m=-M}^M a_m^{(k)} e^{jm\theta} \quad (4.17)$$

เมื่อ

$$a_m^{(k)} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(r_k, \theta) e^{-jm\theta} d\theta \quad (4.18)$$

$$g(r_k, \theta) = f(r_k, \theta + \alpha) \quad (4.19)$$

กำหนดให้ k เป็นจำนวนรัศมีของภาพปลอกกระสุนปืน

โดยที่ $g(r_k, \theta) = f(r_k, \theta + \alpha)$ เป็นภาพปลอกกระสุนปืนที่ได้จากการหมุนไปของ $f(r_k, \theta)$ ไปด้วยมุม α เมื่อเทียบกับจุดกำเนิด

จากนั้นค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ b_m^k ของ $g(r_k, \theta)$ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$b_m^k = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(r, \theta) e^{-jm\theta} e^{-jm\alpha} d\theta \quad (4.20)$$

สามารถแสดงให้เห็นแล้วว่าค่า $|a_m^{(k)}|$ มีคุณสมบัติที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามการหมุนซึ่ง สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

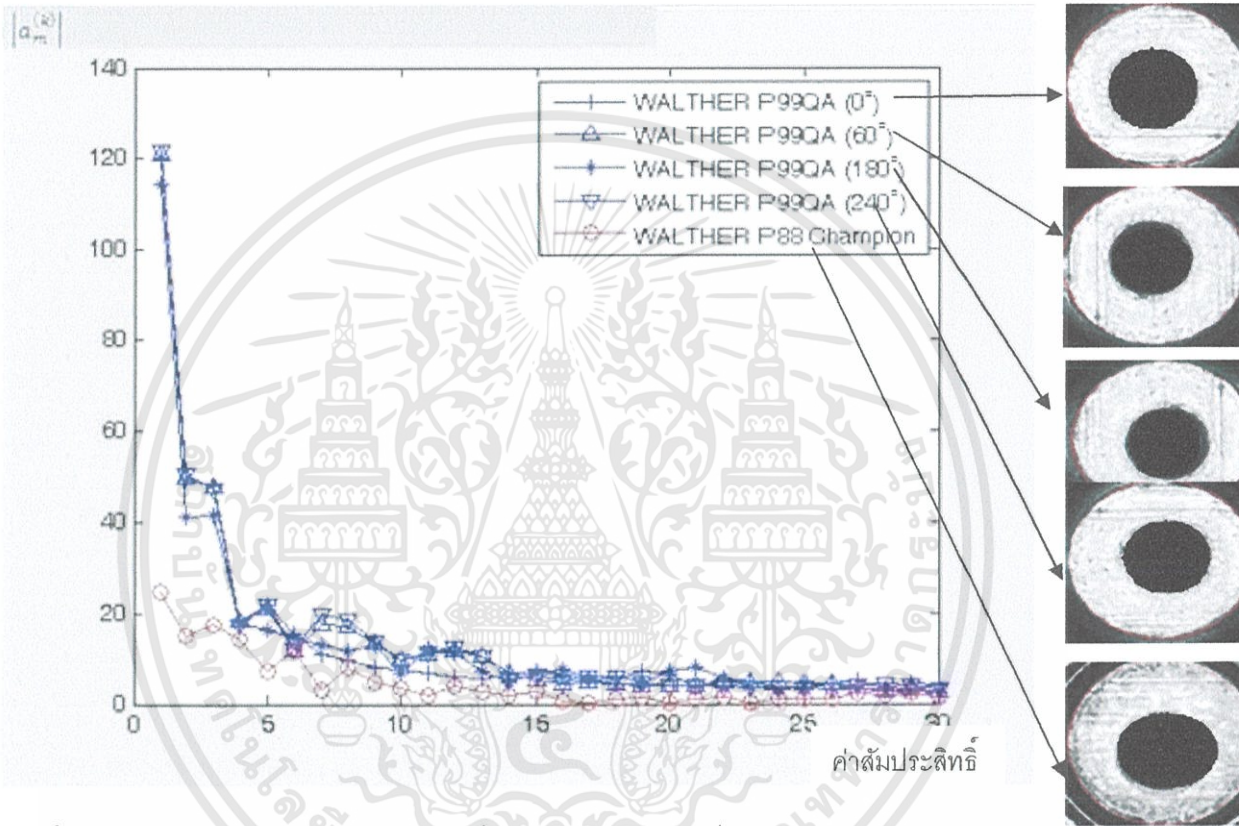
$$u_m^{(k)} = |b_m^{(k)}| = |a_m^{(k)}| \quad (4.21)$$

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

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

$$|b_m^{(k)}| = |a_m^{(k)}| \quad (4.22)$$

จากสมการที่ 4.22 แสดงให้เห็นว่าค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์จะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงแม้ว่าปλοกกระสุนจะหมุนไปตามองศาใดๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่ได้มาจากปλοกกระสุนปืนที่ยิงมาจากปืนกระบอกเดียวกันจะมีค่าใกล้เคียงกันถึงแม้ว่าจะเป็นภาพถ่ายจากปλοกกระสุนปืนที่หมุนไปในองศาที่แตกต่างกันและจะมีค่าแตกต่างจากของค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์จากปλοกกระสุนปืนที่ยิงมาจากปืนคนละกระบอก



รูปที่ 4.9 $|a_m^{(k)}|$ ได้มาจากปλοกกระสุนปืนที่มาจากกระบอกเดียวกันที่หมุนด้วยองศาต่างกันและมาจากคนละกระบอก

ตารางที่ 4.1 แสดงภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม. ที่ยิงจากรุ่น WALTHER P88Champion ในการหาจุดศูนย์กลางของวงกลมบริเวณรอยประทับท้ายรังปืนของปลอกกระสุนปืนและการแปลงระบบค่าลำดับคาร์ทีเซียนเป็นระบบเชิงขั้ว

ภาพต้นฉบับ	ภาพแสดงจุดศูนย์กลาง	ภาพตัด	ภาพจอกแก็บ

ตารางที่ 4.2 แสดงภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม. ที่ยิงจากปืนรุ่น WALTHER P99QA ในการหาจุดศูนย์กลางของวงกลมบริเวณรอยประทับท้ายรังปืนของปลอกกระสุนปืนและการแปลงระบบค่าลำดับคาร์ทีเซียนเป็นระบบเชิงขั้ว

ภาพต้นฉบับ	ภาพแสดงจุดศูนย์กลาง	ภาพตัด	ภาพจอกแก็บ

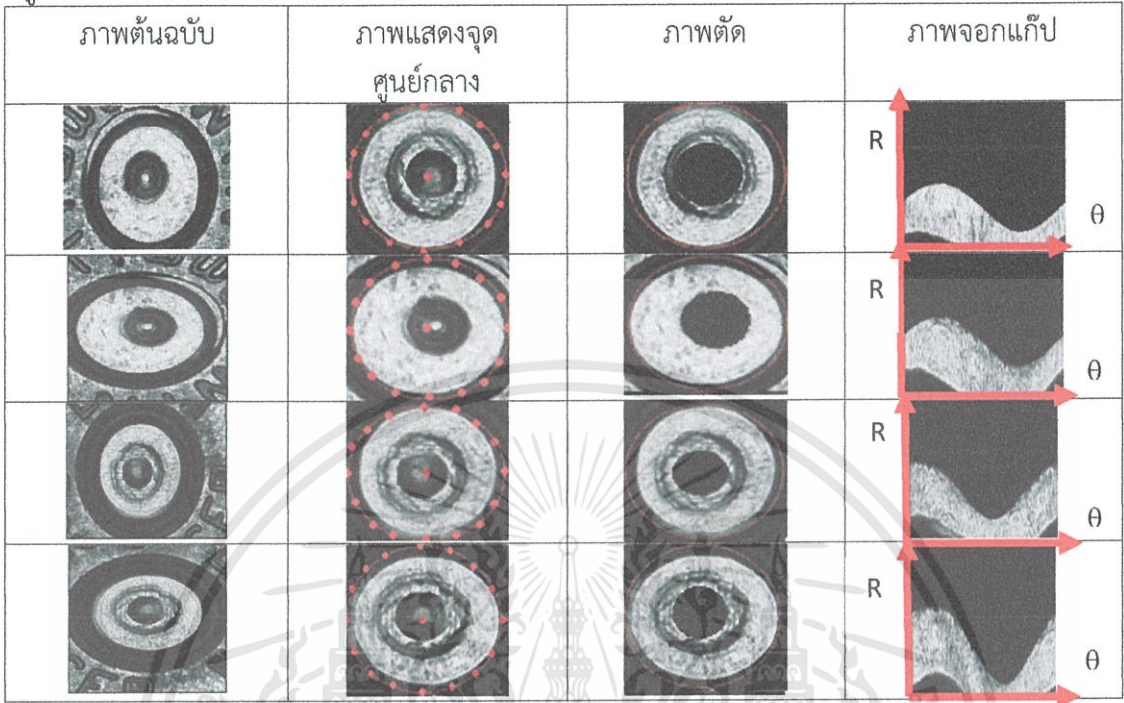
ตารางที่ 4.3 แสดงภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด9มม. ที่ยิงปืนรุ่น TAURUS 24/7 PRO ในการหาจุดศูนย์กลางของวงกลมบริเวณรอยประทับท้ายรังปืนของปลอกกระสุนปืนและการแปลงระบบค่าตัวคาร์ทีเซียนเป็นระบบเชิงขั้ว

ภาพต้นฉบับ	ภาพแสดงจุดศูนย์กลาง	ภาพตัด	ภาพจอกแก็บ

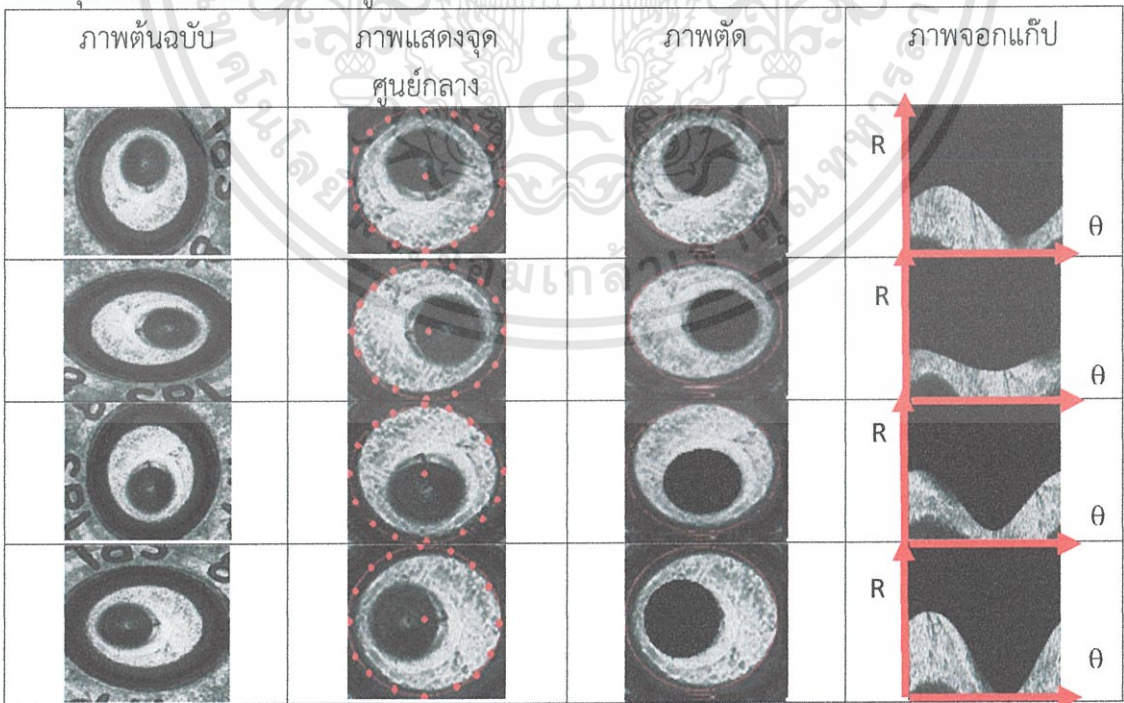
ตารางที่ 4.4 แสดงภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด9มม. ที่ยิงจากปืนรุ่น UZI JERICHO 941 ในการหาจุดศูนย์กลางของวงกลมบริเวณรอยประทับท้ายรังปืนของปลอกกระสุนปืนและการแปลงระบบค่าตัวคาร์ทีเซียนเป็นระบบเชิงขั้ว

ภาพต้นฉบับ	ภาพแสดงจุดศูนย์กลาง	ภาพตัด	ภาพจอกแก็บ

ตารางที่ 4.5 แสดงภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม. ที่ยิงจากปืนรุ่น SPRING FIELD ในการหาจุดศูนย์กลางของวงกลมบริเวณรอยประทับท้ายรังปืนของปลอกกระสุนปืนและการแปลงระบบค่าลำดับคาร์ทีเซียนเป็นระบบเชิงขั้ว



ตารางที่ 4.6 แสดงภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด .38 ที่ยิงจากปืนรุ่น Smith & Wesson Model 15 ในการหาจุดศูนย์กลางของวงกลมบริเวณรอยประทับท้ายรังปืนของปลอกกระสุนปืนและการแปลงระบบค่าลำดับคาร์ทีเซียนเป็นระบบเชิงขั้ว



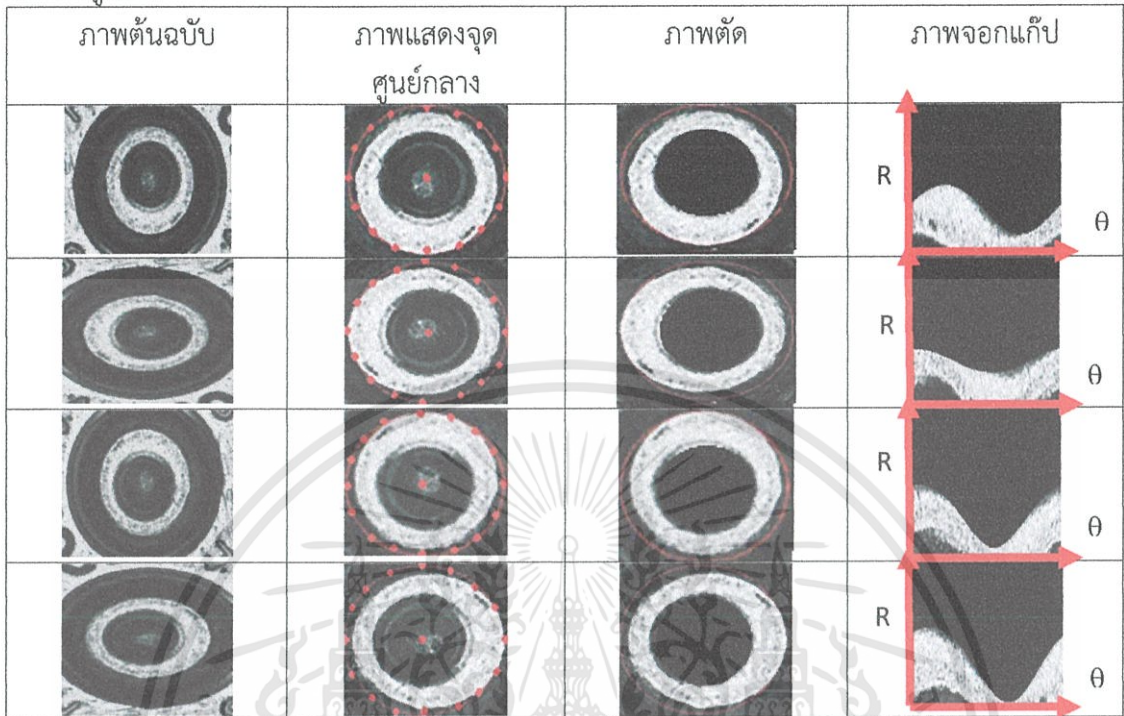
ตารางที่ 4.7 แสดงภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด .38 ที่ยิงจากปืนรุ่น RUGER SP101 38SPL ในการหาจุดศูนย์กลางของวงกลมบริเวณรอยประทับท้ายรังปืนของปลอกกระสุนปืนและการแปลงระบบค่าลำดับคาร์ที่เขียนเป็นระบบเชิงขั้ว

ภาพต้นฉบับ	ภาพแสดงจุดศูนย์กลาง	ภาพตัด	ภาพจอกแก้ว

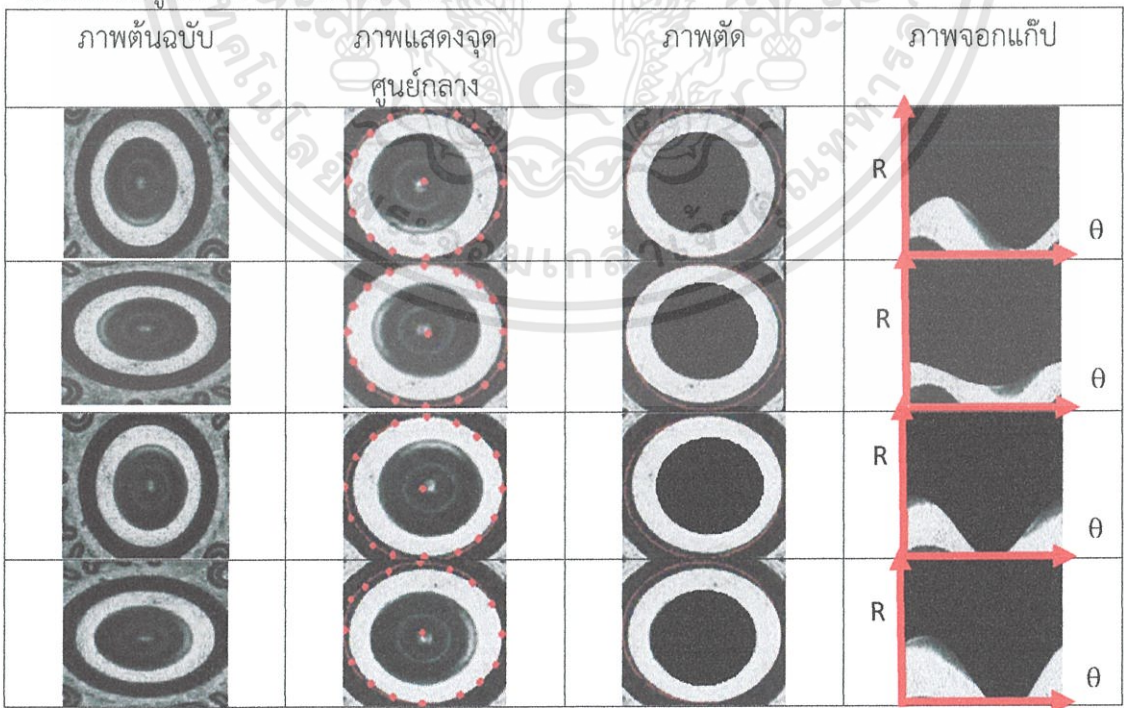
ตารางที่ 4.8 แสดงภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด .38 ที่ยิงจากปืนรุ่น Smith & Wesson 686 ในการหาจุดศูนย์กลางของวงกลมบริเวณรอยประทับท้ายรังปืนของปลอกกระสุนปืนและการแปลงระบบค่าลำดับคาร์ที่เขียนเป็นระบบเชิงขั้ว

ภาพต้นฉบับ	ภาพแสดงจุดศูนย์กลาง	ภาพตัด	ภาพจอกแก้ว

ตารางที่ 4.9 แสดงภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด .38 SUPER ที่ยิงจากปืนรุ่น COLT 1911 ในการหาจุดศูนย์กลางของวงกลมบริเวณรอยประทับท้ายรังปืนของปลอกกระสุนปืนและการแปลงระบบค่าตัวคาร์ทีเซียนเป็นระบบเชิงขั้ว



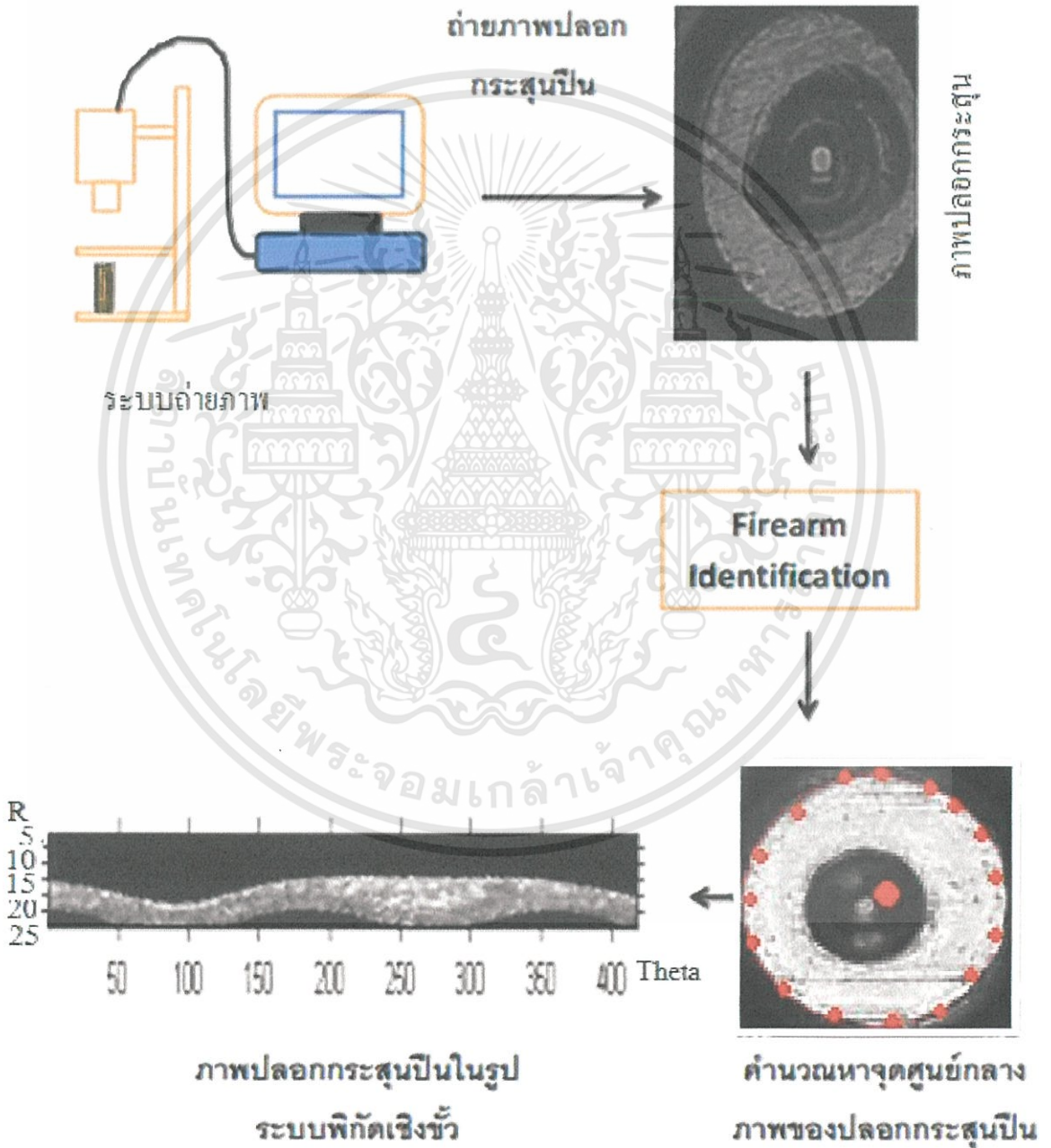
ตารางที่ 4.10 แสดงภาพตัวอย่างปลอกกระสุนปืนขนาด .38 ที่ยิงจากปืนรุ่น TAURUS MODEL 83S ในการหาจุดศูนย์กลางของวงกลมบริเวณรอยประทับท้ายรังปืนของปลอกกระสุนปืนและการแปลงระบบค่าตัวคาร์ทีเซียนเป็นระบบเชิงขั้ว



บทที่ 5

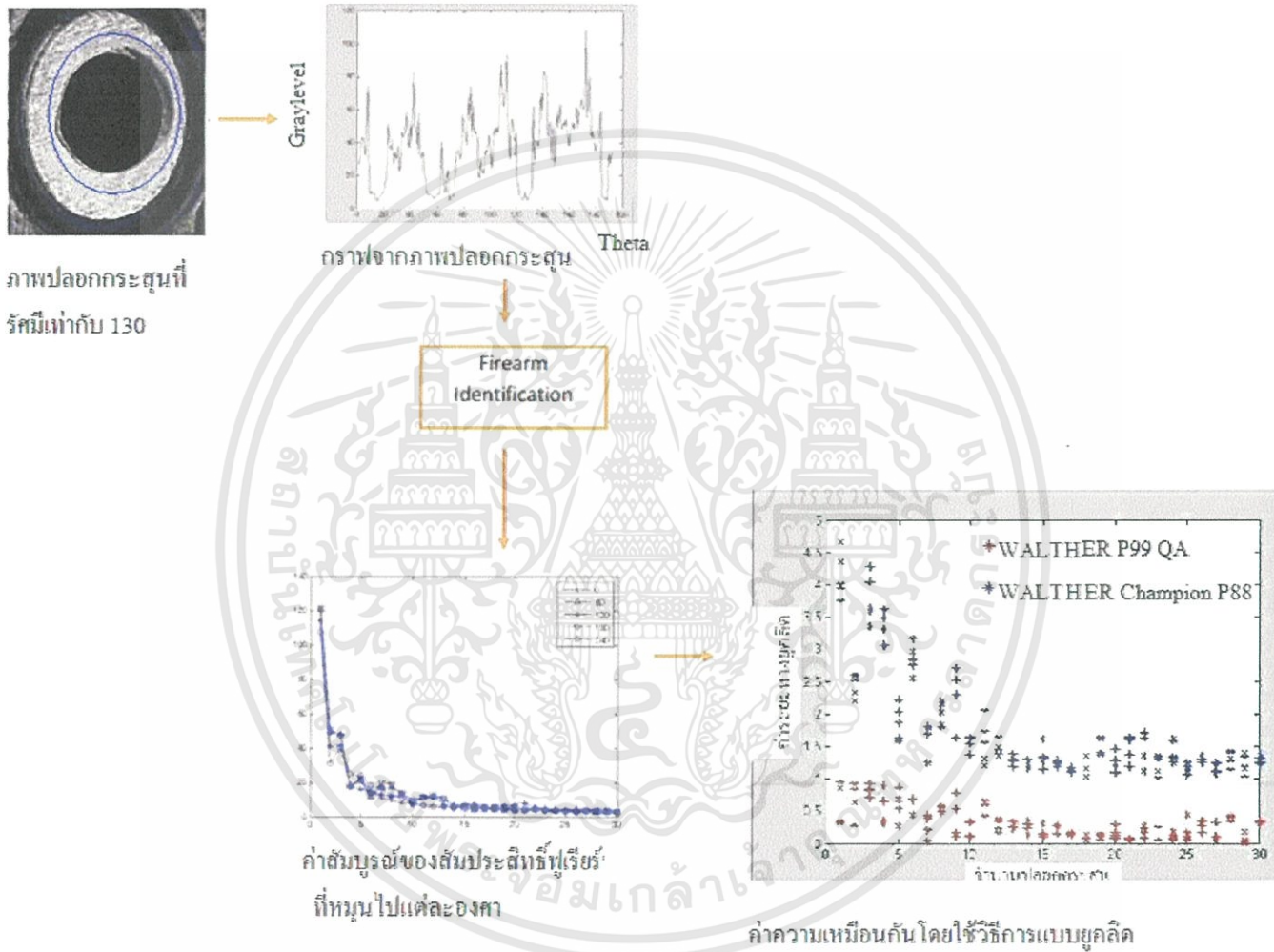
การดึงคุณสมบัติและการตรวจสอบอาวุธปืน

ในบทนี้กล่าวถึงขั้นตอนในการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน เพื่อพิสูจน์ว่าปลอกกระสุนปืนที่นำมาทำการตรวจสอบเป็นปลอกกระสุนปืนที่ถูกยิงมาจากปืนกระบอกเดียวกันหรือไม่ โดยปริยฐานิพนธ์ฉบับนี้ได้แสดงการทำงานของระบบถ่ายภาพและการหาจุดศูนย์กลางเพื่อแปลงเป็นระบบพิกัดเชิงขั้วของกระบวนการขั้นตอนของการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน ที่แสดงดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงระบบถ่ายภาพและการหาจุดศูนย์กลางเพื่อแปลงเป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว

นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงกระบวนการขั้นตอนของการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน เพื่อพิสูจน์ว่าปลอกกระสุนปืนที่ได้นำมาทำการตรวจสอบเป็นปลอกกระสุนปืนที่ถูกยิงมาจากปืนกระบอกเดียวกันหรือไม่ โดยการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนที่นำเสนอในปริญาณิพนธ์ฉบับนี้ได้จากการนำค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่คำนวณได้จากปลอกกระสุนปืนอ้างอิงและปลอกกระสุนปืนที่จะนำมาตรวจสอบ และมาคำนวณค่าความเหมือนกันโดยใช้วิธีการวัดแบบยุคลิดแสดงดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 แสดงระบบค่าสัมบูรณ์สัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามทิศทางของการหมุนและค่าความเหมือนกันโดยใช้วิธีการวัดแบบยุคลิด

บทที่ 6

ผลการทดลอง

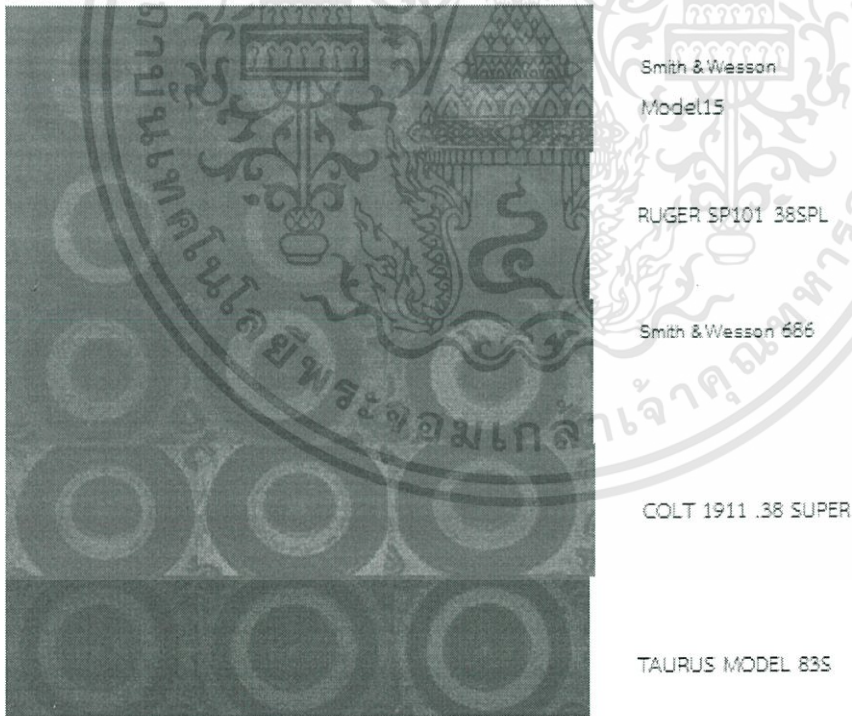
ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองในการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนที่ได้นำเสนอในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ซึ่งแสดงการทดลองการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนไว้ในหัวข้อที่ 6.1 และแสดงค่าระยะทางแบบยูคลิดในการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน โดยในการทดลองจะทำการทดลองจากอาวุธปืนที่มีขนาด .38 ในหัวข้อที่ 6.1.1 ทำการทดลองจากอาวุธปืนที่มีขนาด 9 มม. ในหัวข้อที่ 6.1.2

6.1 ผลการทดลองการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนและประสิทธิภาพของวิธีการที่ใช้ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ที่สามารถแสดงได้จากการตรวจสอบอาวุธปืนจากปลอกกระสุนปืนโดยใช้ค่าระยะทางแบบยูคลิด

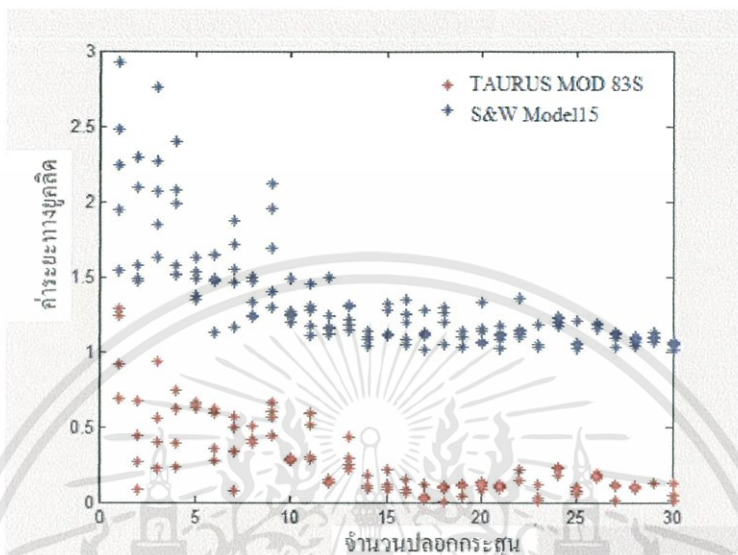
6.1.1 ผลการทดลองการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนขนาด .38

ในการทดลองการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนขนาด .38 จะใช้ปลอกกระสุนปืนจำนวนทั้งหมด 300 ปลอกมาใช้ในการทดลอง รูปที่ 6.1 แสดงตัวอย่างของปลอกกระสุนปืนที่มาจากปืน 5 กระบอก ซึ่งในแต่ละแถวของภาพจะแสดงภาพของปลอกกระสุนปืนที่มาจากปืนกระบอกเดียวกัน



รูปที่ 6.1 แสดงตัวอย่างภาพปลอกกระสุนปืนที่ได้มาจากปืนที่มีขนาด .38 ที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองภาพถ่ายปลอกกระสุนปืน 15 ภาพ จากปลอกกระสุนปืน 5 ปลอกที่ถูกยิงมาจากปืนกระบอกเดียวกันที่มีขนาด .38 จะถูกใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงของปืนแต่ละกระบอกที่ใกล้เคียงที่ใช้ในการทดลอง โดยรูปที่ 6.2 – 6.6 จะแสดงการฉายค่าลงแกนโดยใช้วิธีการวัดค่าระยะทางแบบยูคลิด

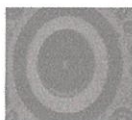
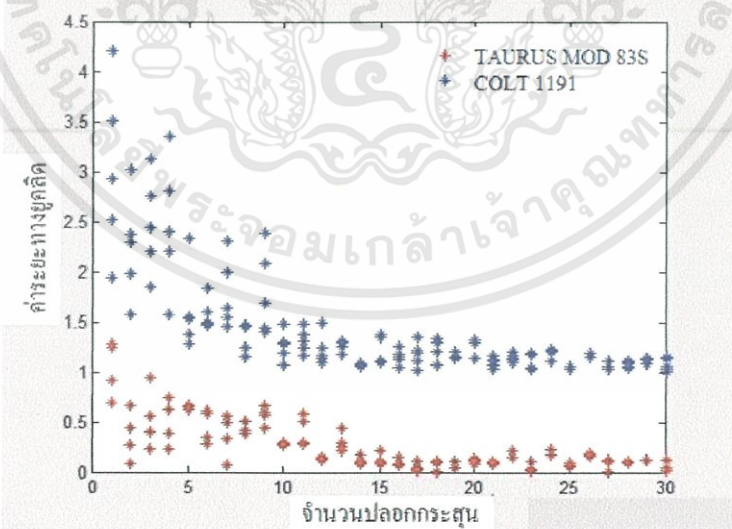


TAURUS MODEL 83S

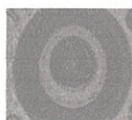


Smith & Wesson Model 15

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

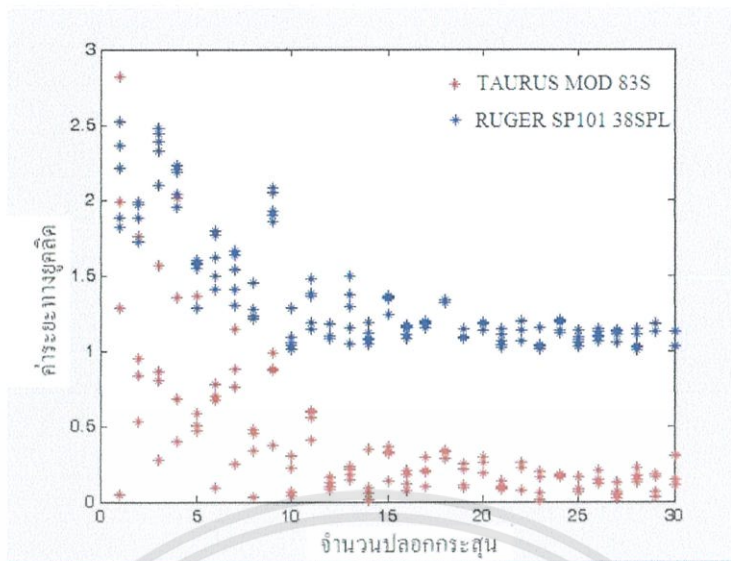


TAURUS MODEL 83S



Smith & Wesson Model 15

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

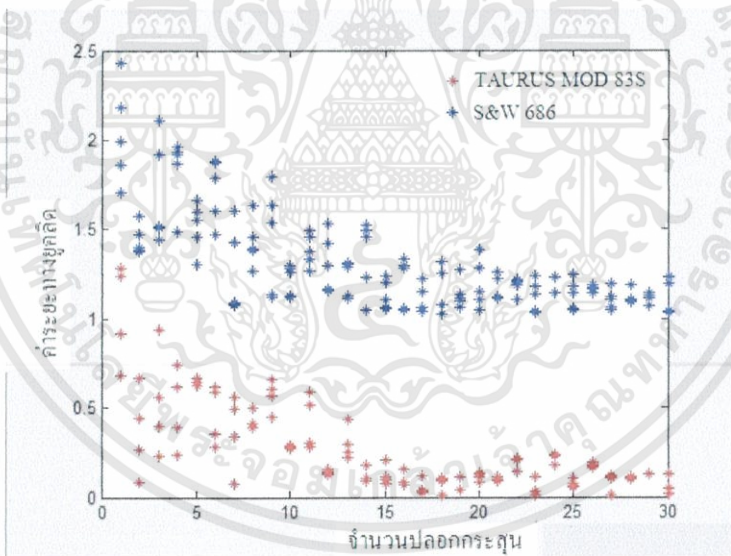


TAURUS MODEL 83S



RUGER SP101 38SPL

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น



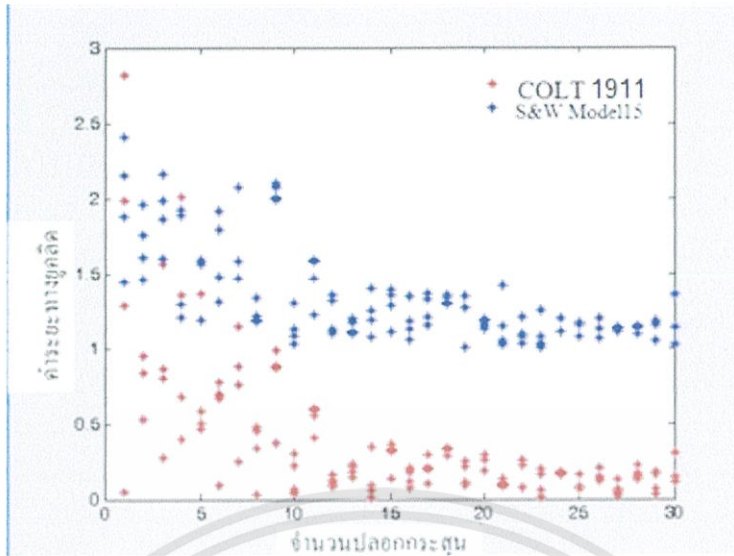
TAURUS MODEL 83S



Smith & Wesson686

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

รูปที่ 6.2 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนรุ่น TAURUS MODEL83S ที่ได้มาจากปืนที่มีขนาด .38 ที่ได้จากการทดลองเทียบกับปลอกกระสุนอื่น

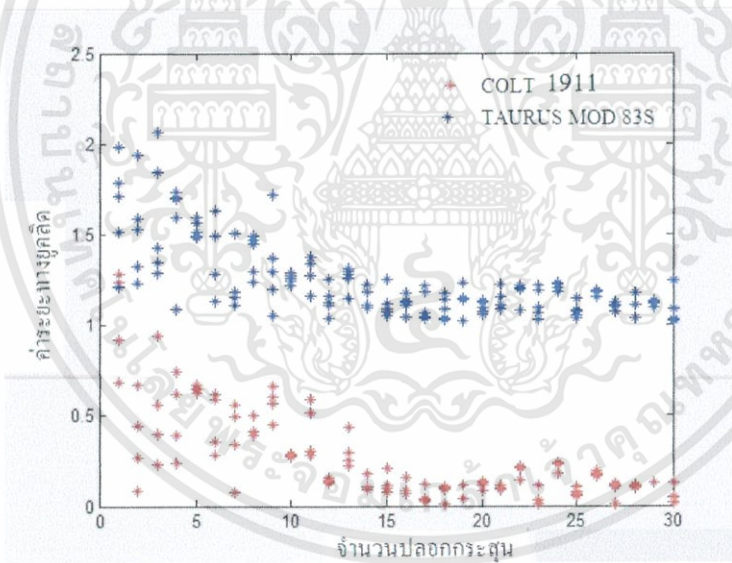


COLT 1911



Smith & Wesson Model 15

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

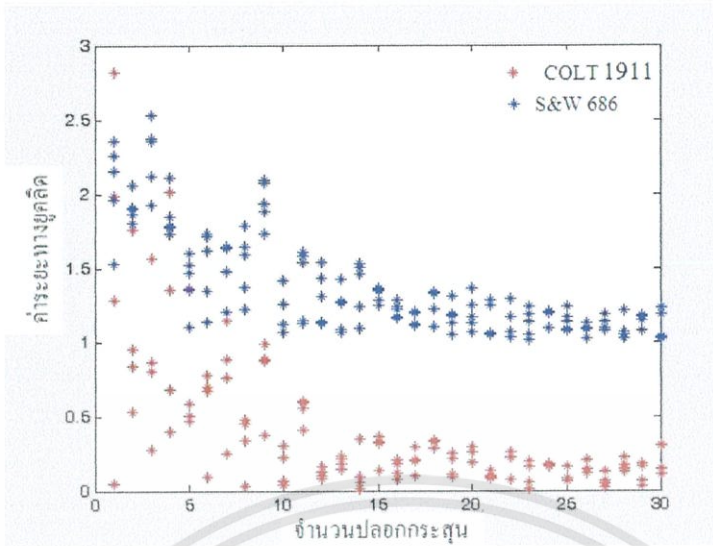


COLT 1911

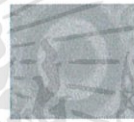


TAURUS MODEL 83S

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

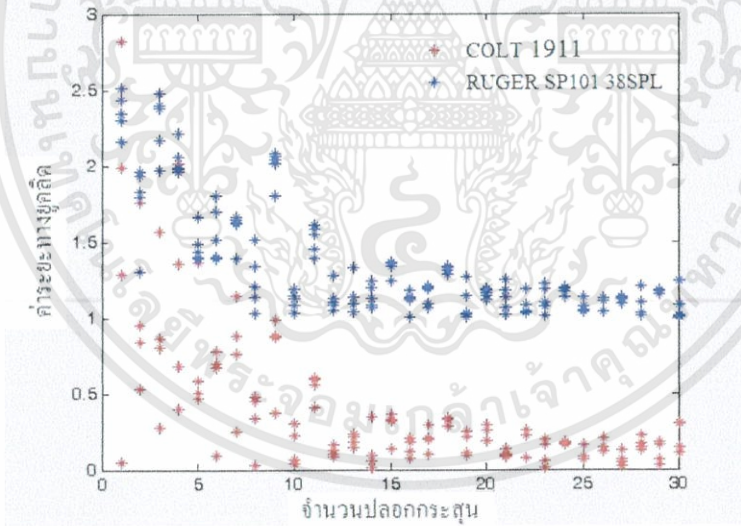


COLT 1911



Smith & Wesson 686

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น



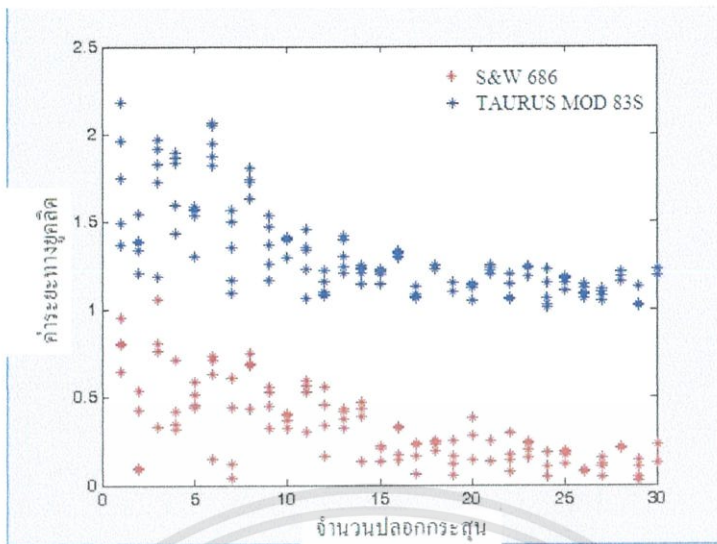
COLT 1911



RUGER SP101 38SPL

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

รูปที่ 6.3 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนรุ่น COLT 1911 ที่ได้มาจากปืนที่มีขนาด .38 SUPER ที่ได้จากการทดลองเทียบกับปลอกกระสุนอื่น

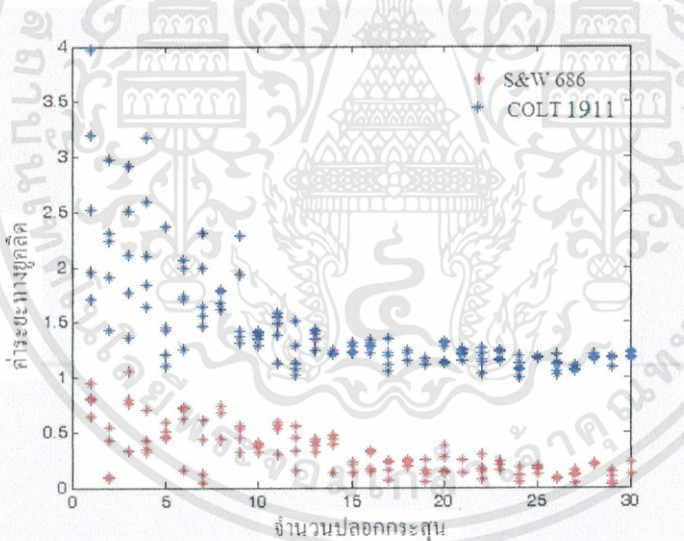


Smith & Wesson 686

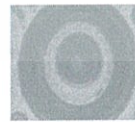


TAURUS MODEL 83S

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

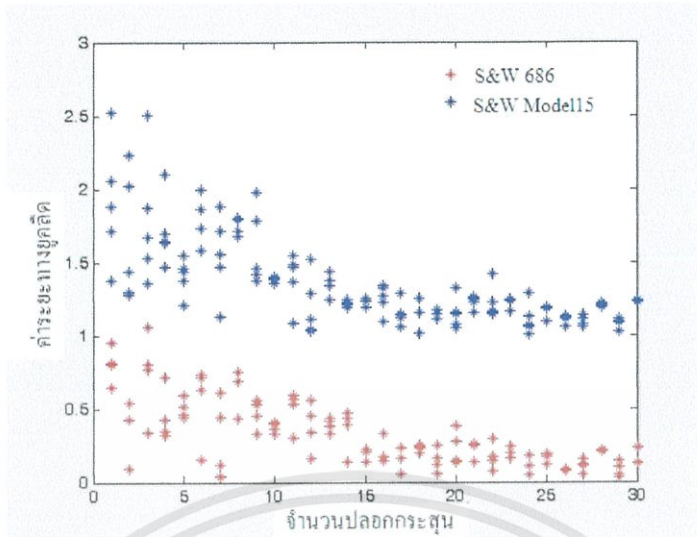


Smith & Wesson 686

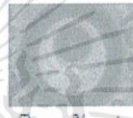


COLT 1911

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

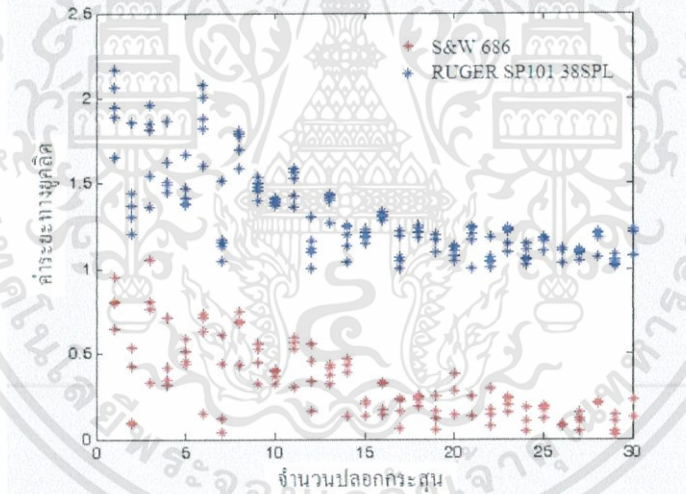


Smith & Wesson 686



Smith & Wesson Model 15

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น



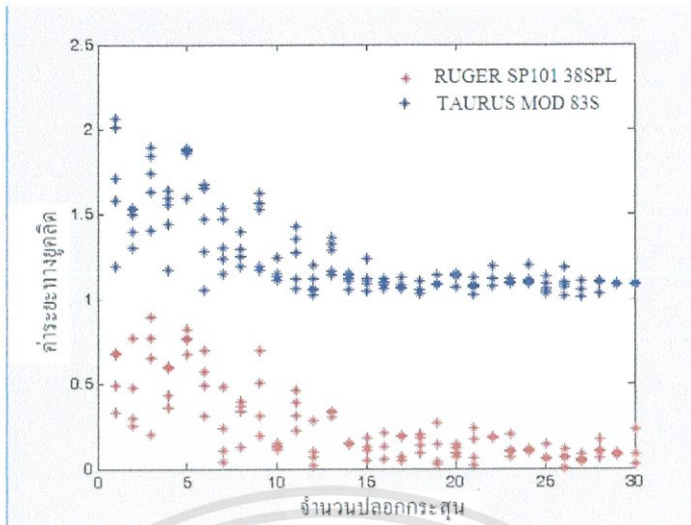
Smith & Wesson 686



RUGER SP101 38SPL

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

รูปที่ 6.4 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนรุ่น Smith & Wesson 686 ที่ได้มาจากปืนที่มีขนาด .38 ที่ได้จากการทดลองเทียบกับปลอกกระสุนอื่น

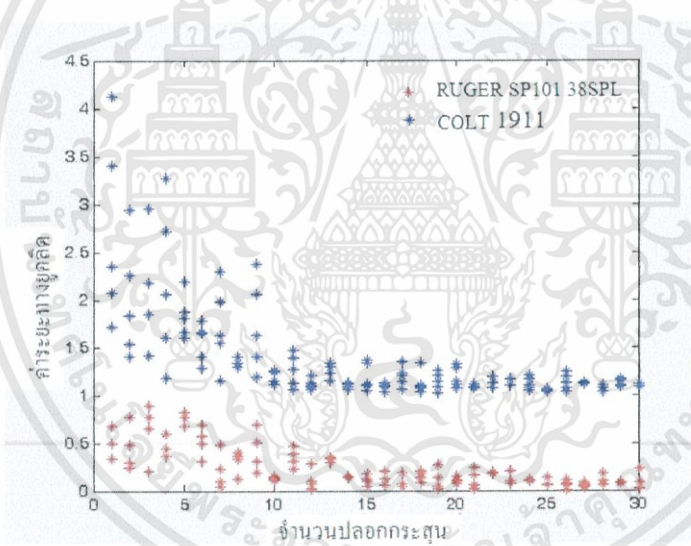


RUGER SP101 38S&P



TAURUS MODEL 83S

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

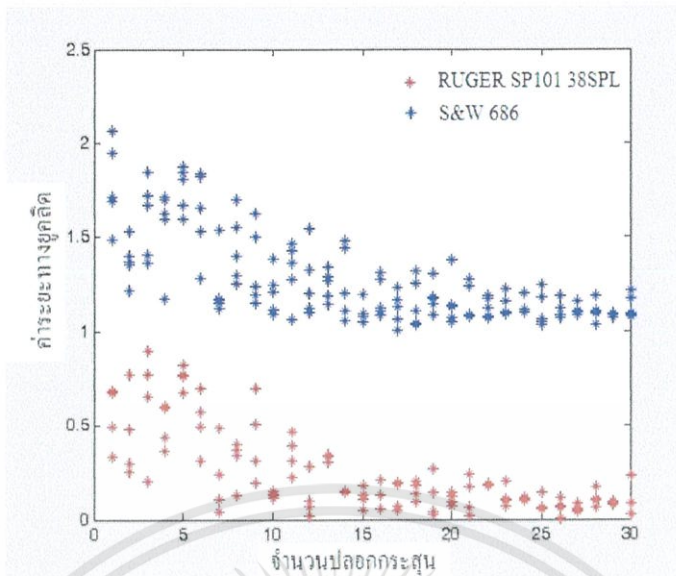


RUGER SP101 38S&P

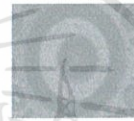


COLT 1911

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

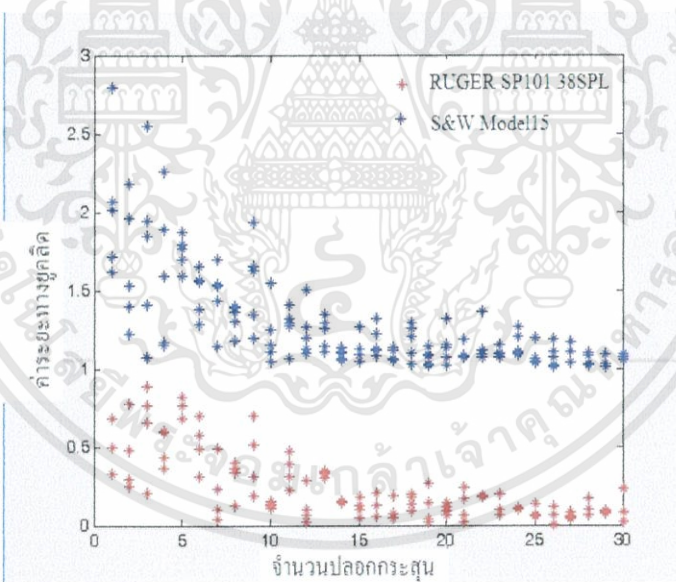


RUGER SP101 38SPL



Smith & Wesson 686

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น



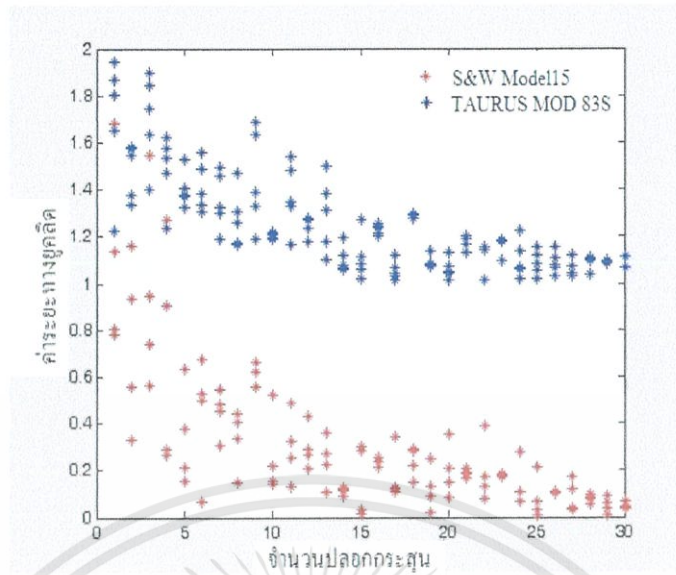
RUGER SP101 38SPL



Smith & Wesson Model 15

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

รูปที่ 6.5 แสดงค่าระยะทางชุกติลของภาพปลอกกระสุนปืนรุ่น RUGER SP101 38SPL ที่ได้มาจากปืนที่มีขนาด .38 ที่ได้จากการทดลองเทียบกับปลอกกระสุนอื่น

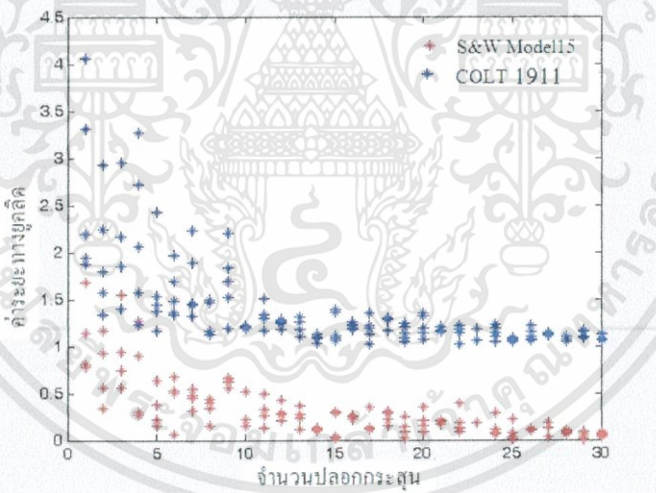


Smith & Wesson Model 15



TAURUS MODEL 835

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

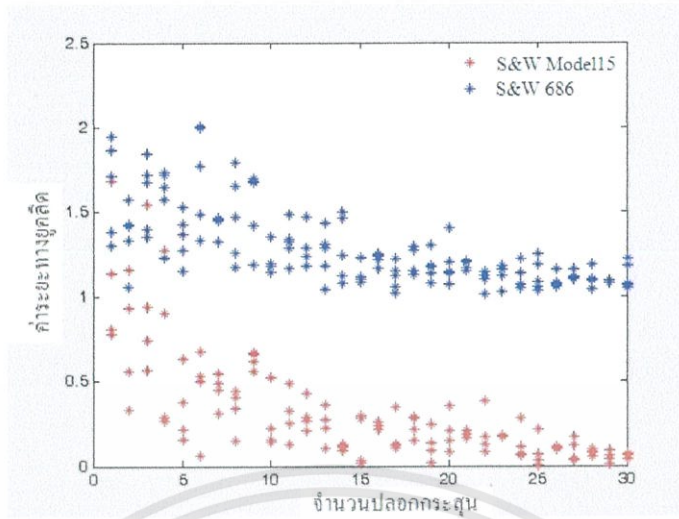


Smith & Wesson Model 15



COLT 1911

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

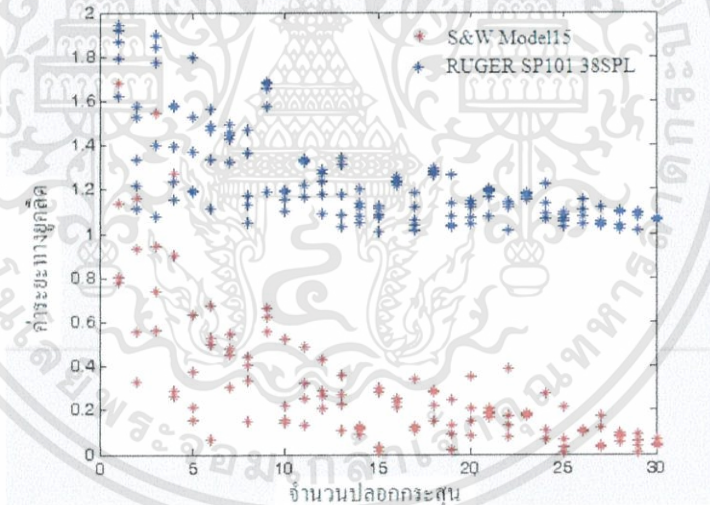


Smith & Wesson Model 15



Smith & Wesson 686

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น



Smith & Wesson Model 15



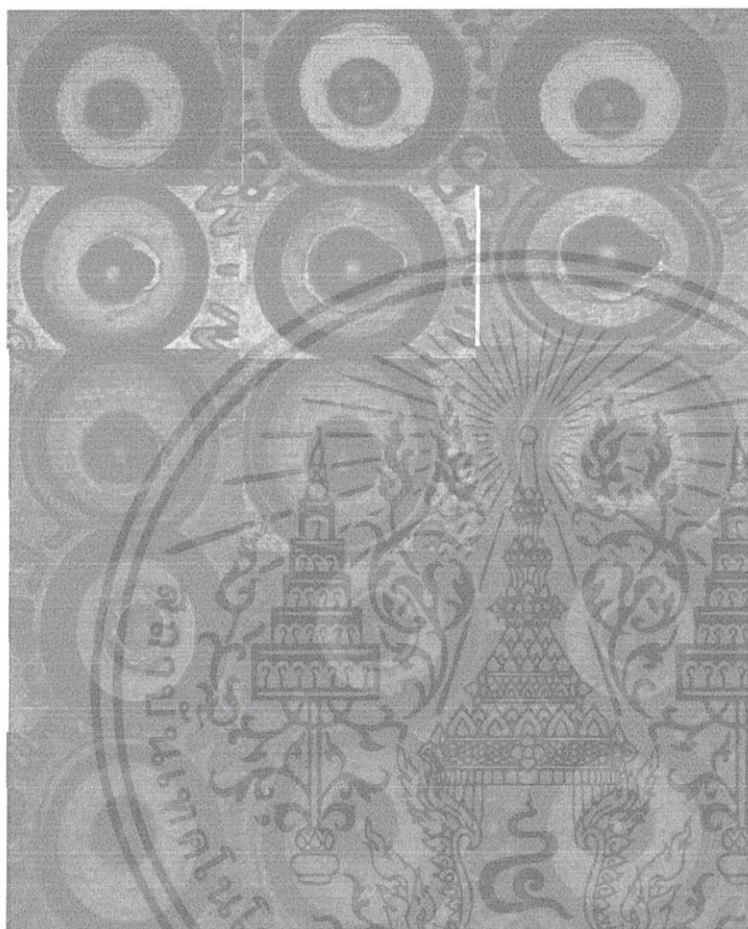
RUGER SP101 38SPL

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

รูปที่ 6.6 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนรุ่น Smith & Wesson Model 15 ที่ได้มาจากปืนที่มีขนาด .38 ที่ได้จากการทดลองเทียบกับปลอกกระสุนอื่น

6.1.2 ผลการทดลองการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม.

ในการทดลองการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนขนาด 9 มม. ใช้ปลอกกระสุนปืนจำนวนทั้งหมด 300 ปลอกมาใช้ในการทดลอง รูปที่ 6.7 แสดงตัวอย่างของปลอกกระสุนปืนที่มาจากปืน 5 กระบอก ซึ่งในแต่ละแถวของภาพจะแสดงภาพของปลอกกระสุนปืนที่มาจากปืนกระบอกเดียวกัน



WALTHER Champion P88

TAURUS PT24/7 PRO

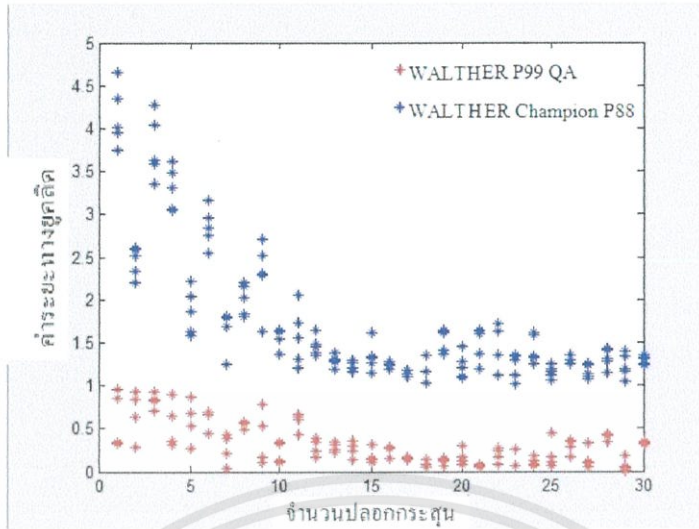
WALTHER P99QA

UZI JERICHO 941

SPRINGFIELDARMORY

รูปที่ 6.7 แสดงตัวอย่างภาพปลอกกระสุนปืนที่ได้มาจากปืนที่มีขนาด 9 มม. ที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองภาพถ่ายปลอกกระสุนปืน 15 ภาพ จากปลอกกระสุนปืน 5 ปลอกที่ถูกยิงมาจากปืนกระบอกเดียวกันที่มีขนาด 9 มม. จะถูกใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงของปืนแต่ละกระบอกที่ใกล้เคียงที่ใช้ในการทดลอง โดยรูปที่ 6.8 – 6.12 จะแสดงการฉายค่าลงแกนโดยใช้วิธีการวัดค่าระยะทางแบบยูคลิด

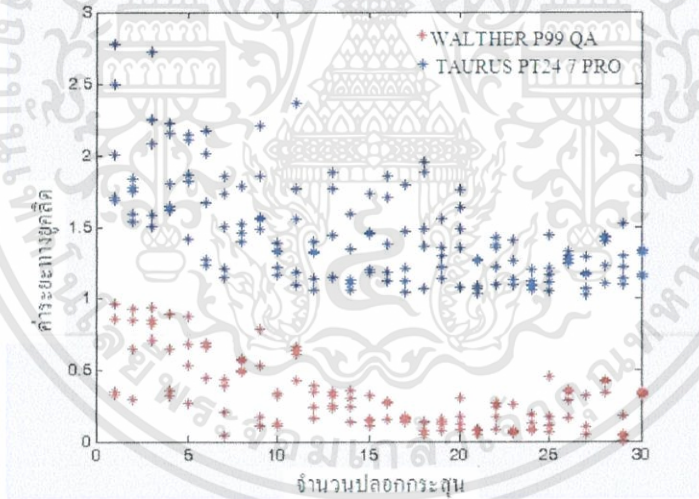


WALTHER P99 QA



WALTHER Champion P88

บล็อกกระสุนอ้างอิงเทียบกับบล็อกอื่น

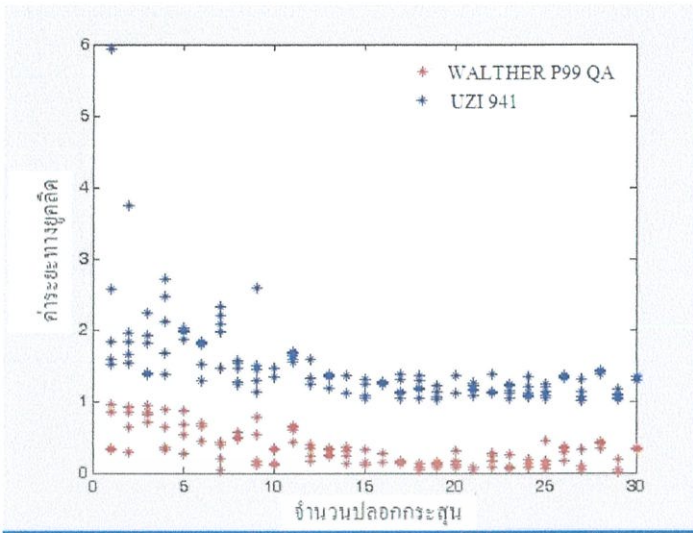


WALTHER P99 QA



TAURUS PT 24/7 PRO

บล็อกกระสุนอ้างอิงเทียบกับบล็อกอื่น

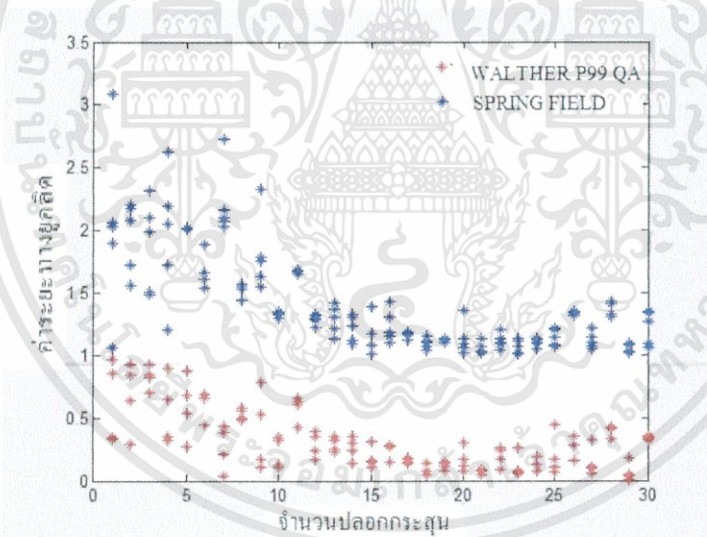


WALTHER P99 QA



UZI JERICO 941

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น



WALTHER P99 QA

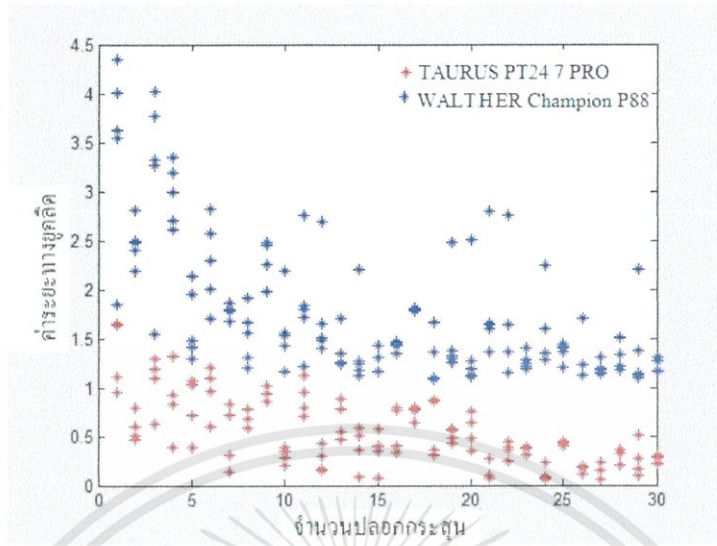


SPRINGFIELD RMORY

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

รูปที่ 6.8 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนรุ่น WALTHER P99QA

ที่ได้มาจากปืนที่มีขนาด 9 มม. ที่ได้จากการทดลองเทียบกับปลอกกระสุนอื่น

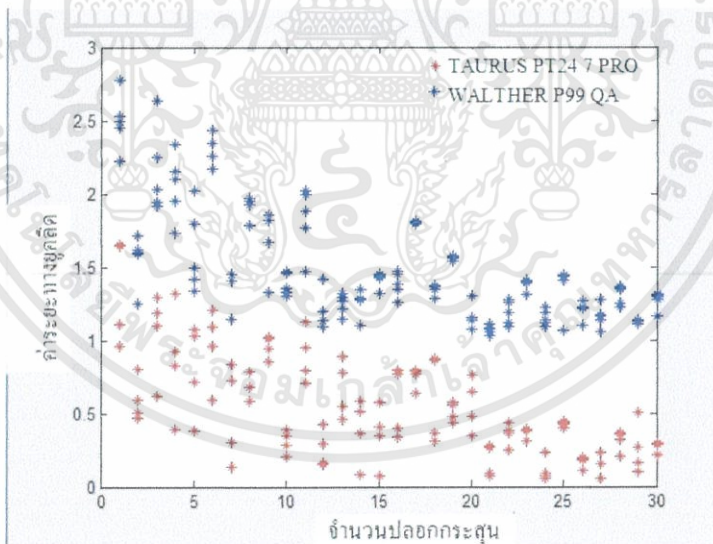


TAURUS PT 24/7 PRO



WALTHER Champion P88

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

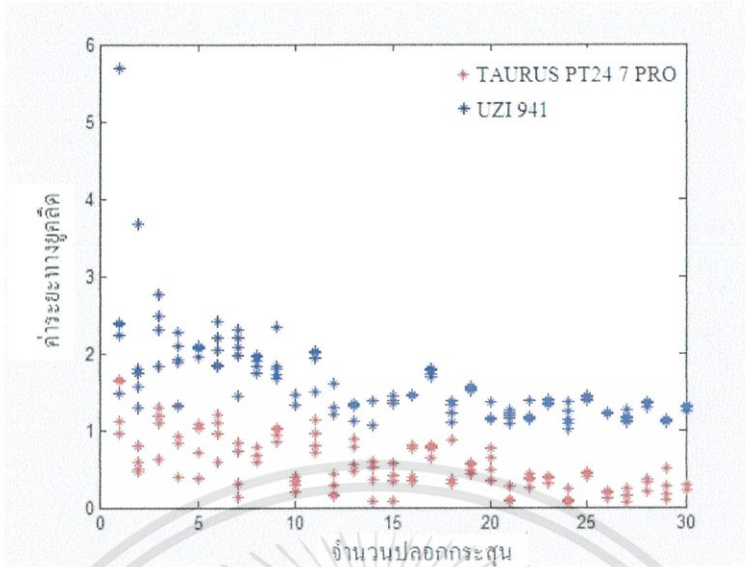


TAURUS PT 24/7 PRO



WALTHER P99 QA

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

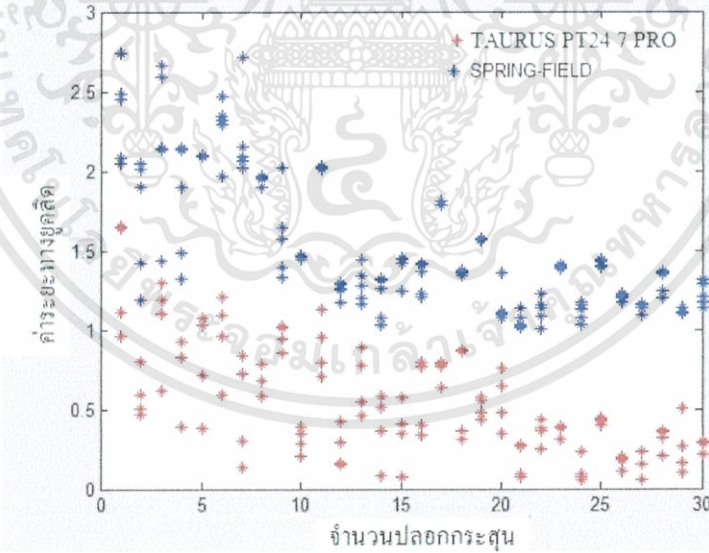


TAURUS PT 24/7 PRO



UZI JERICO 941

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น



TAURUS PT 24/7 PRO



SPRINGFIELD ARMORY

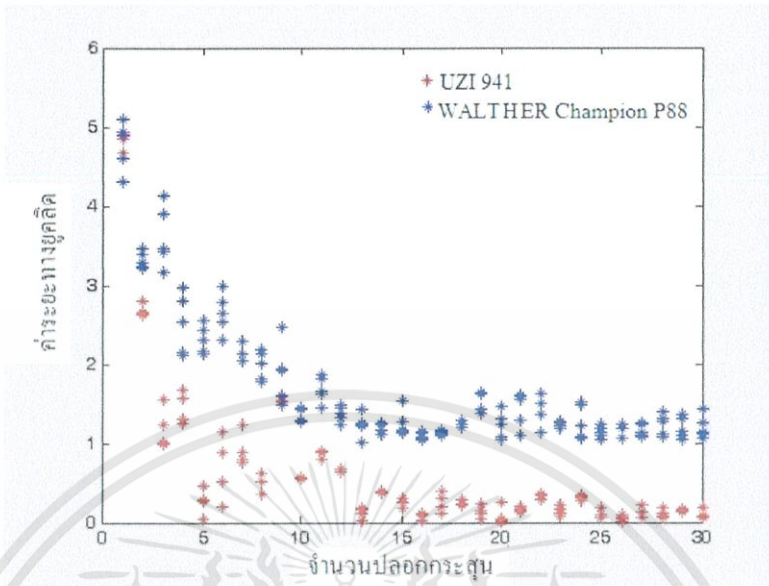
ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

รูปที่ 6.9 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนรุ่น TAURUS PT24/7 PRO

ที่ได้มาจากปืนที่มีขนาด 9 มม. ที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

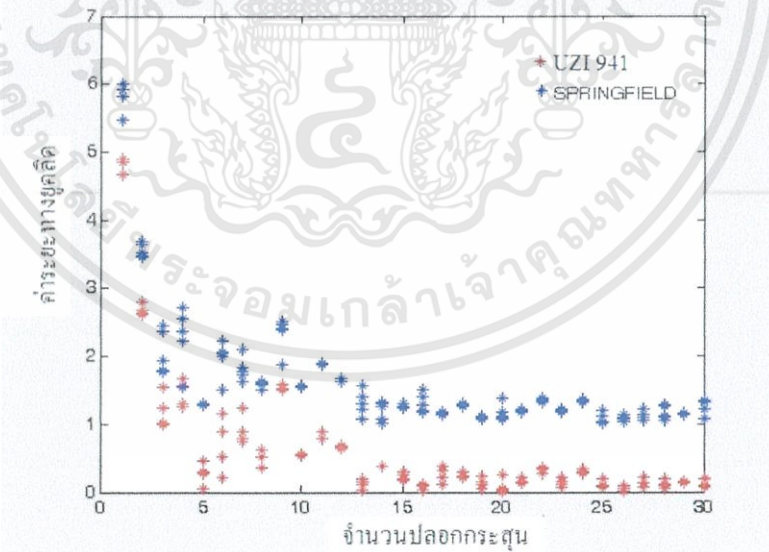


UZI JERICHO 941



WALTHER Champion P88

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

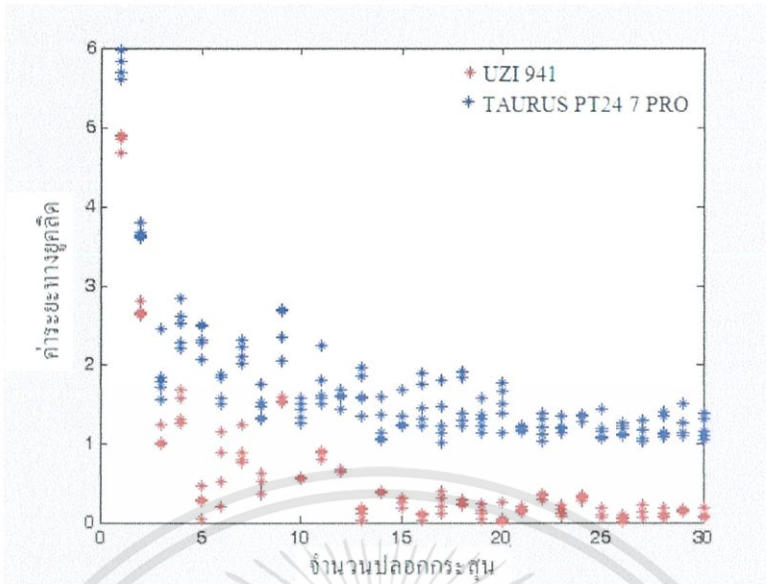


UZI JERICHO 941

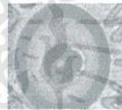


SPRINGFIELD ARMOY

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

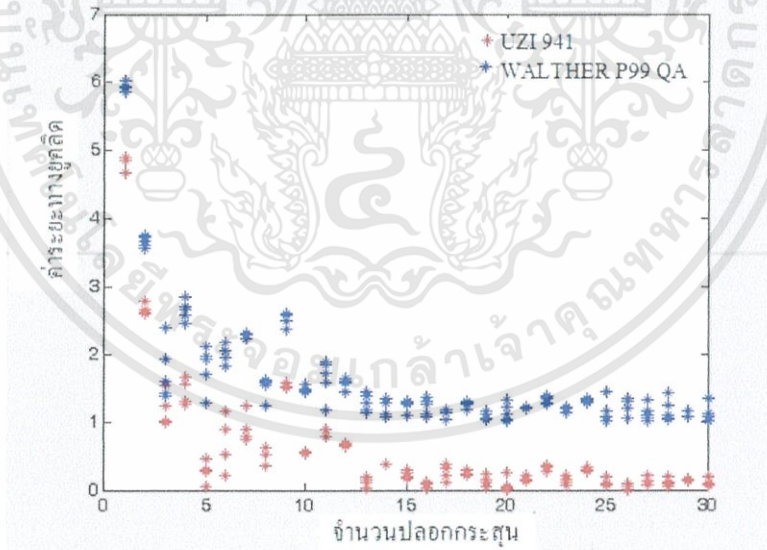


UZI JERICO 941



TAURUS PT 24/7 PRO

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น



UZI JERICO 941



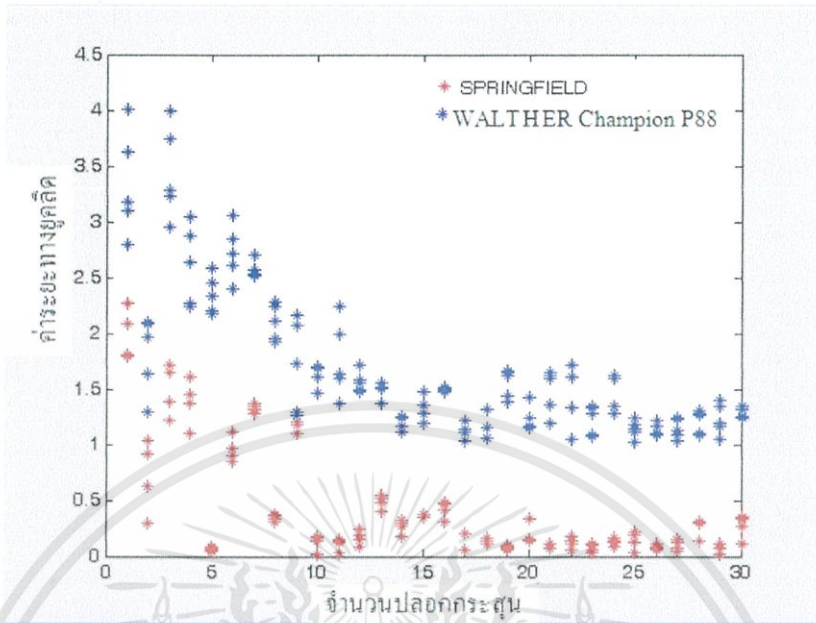
WALTHER P99 QA

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

รูปที่ 6.10 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนรุ่น UZI JERICO 941

ที่ได้มาจากปืนที่มีขนาด 9 มม. ที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

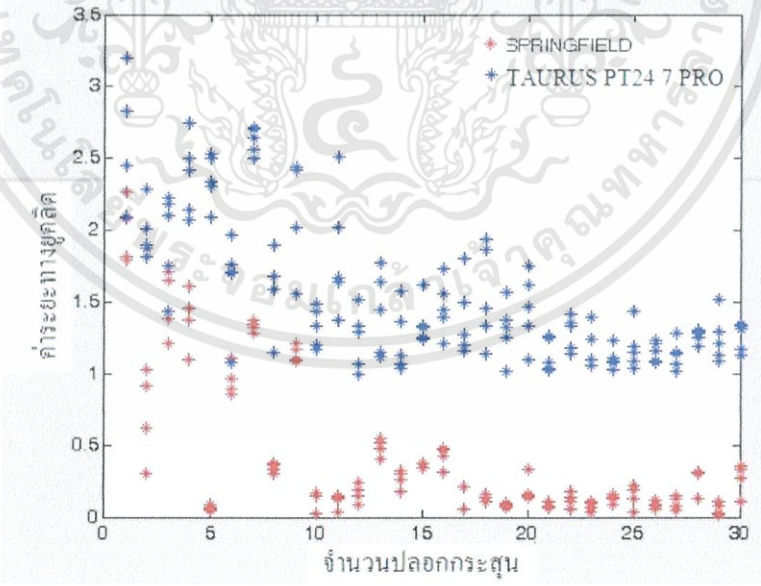


SPRINGFIELD
ARMORY



WALTHER Champion P88

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

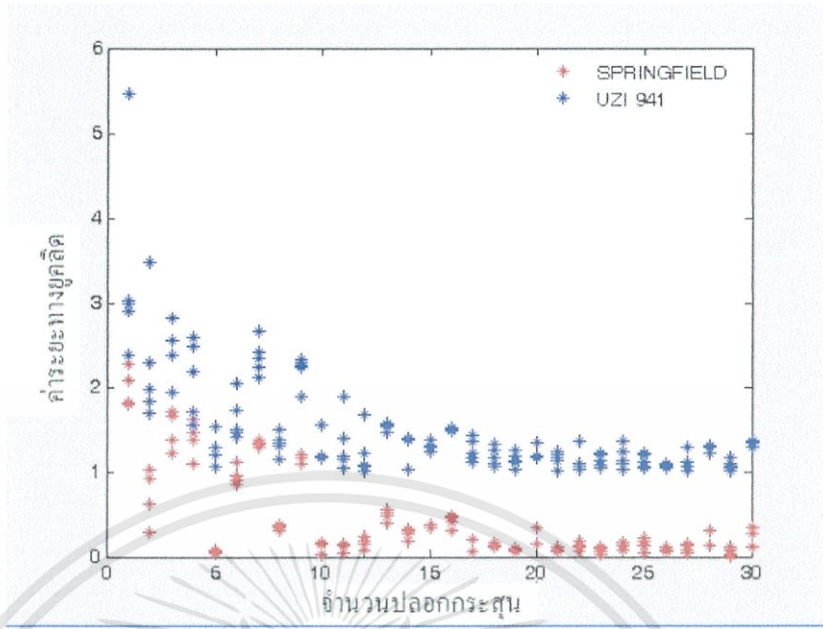


SPRINGFIELD
ARMORY

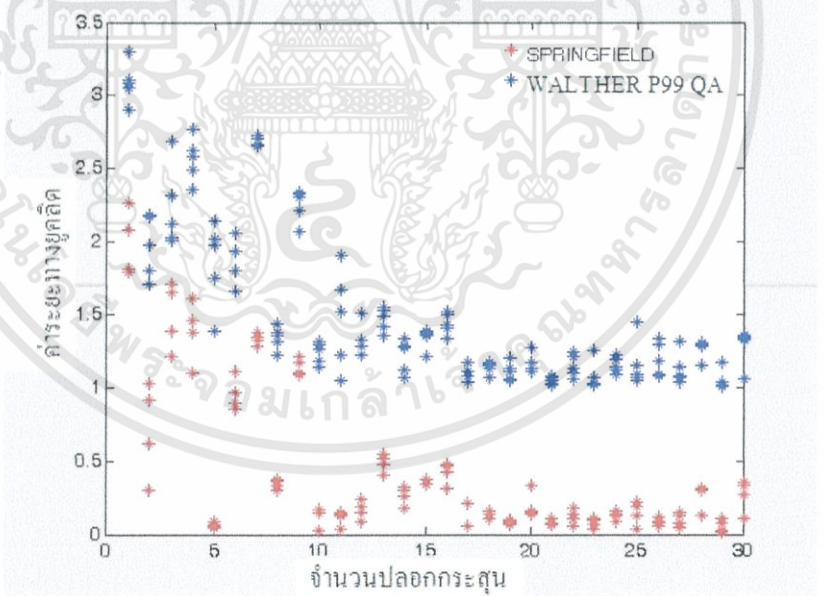


TAURUS PT 24/7 PRO

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น



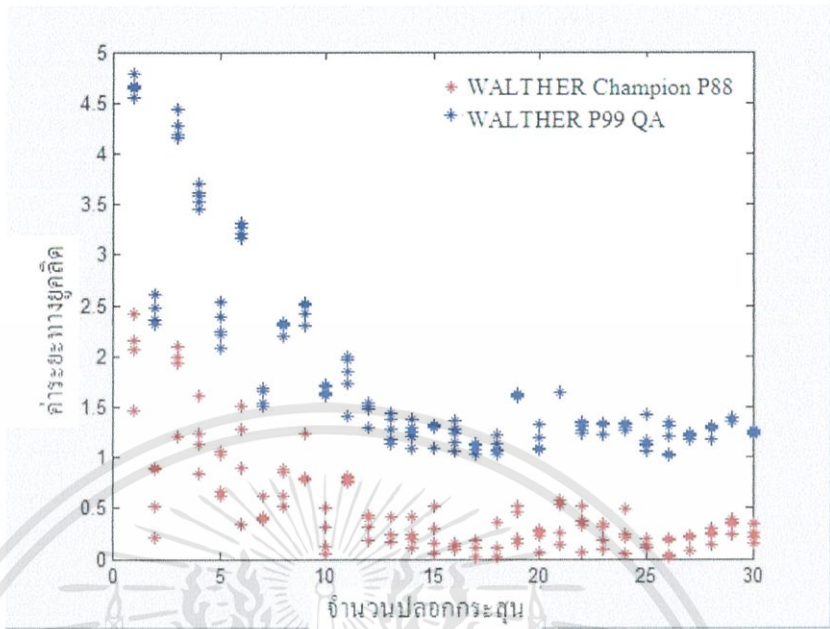
ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น



ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

รูปที่ 6.11 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนรุ่น SPRINGFIELD ARMORY ที่ได้มาจากปืนที่มีขนาด 9 มม. ที่ได้จากการทดลองเทียบกับปลอกกระสุนอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

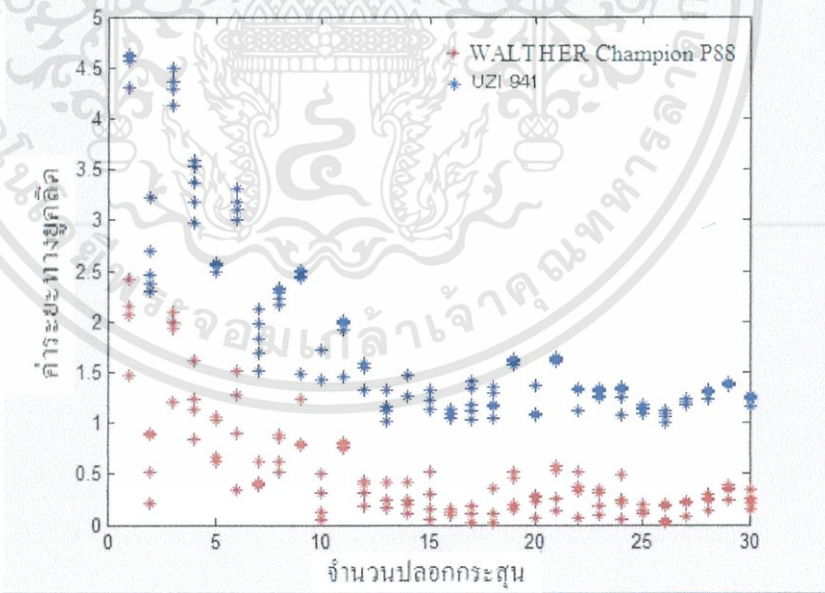


WALTHER Champion P88



WALTHER P99 QA

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

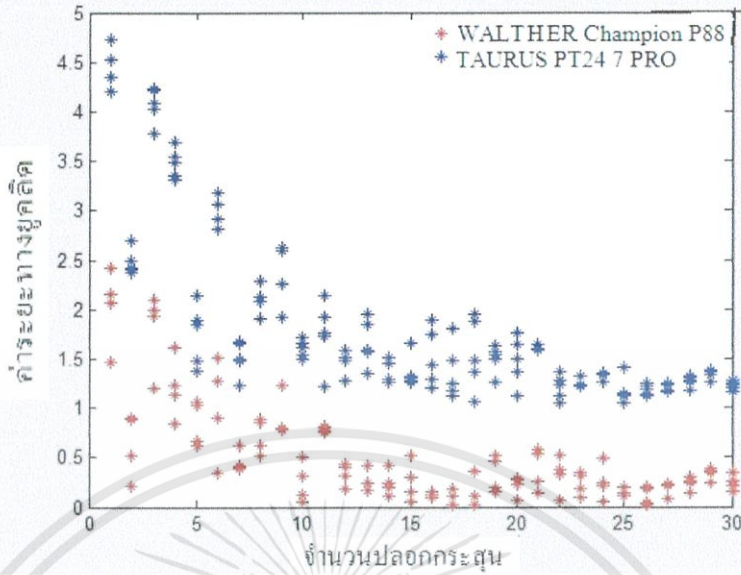


WALTHER Champion P88



UZI JERICO 941

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

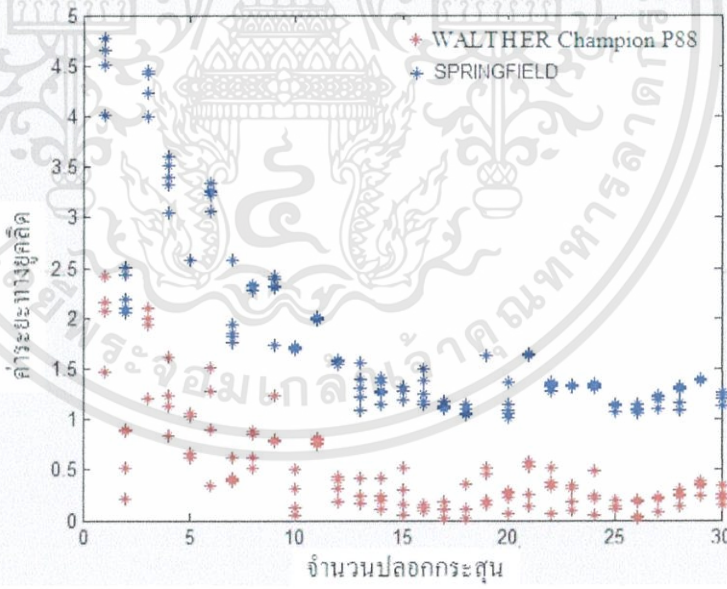


WALTHER Champion P88



TAURUS PT 24/7 PRO

ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น



WALTHER Champion P88



SPRINGFIELD ARMOY

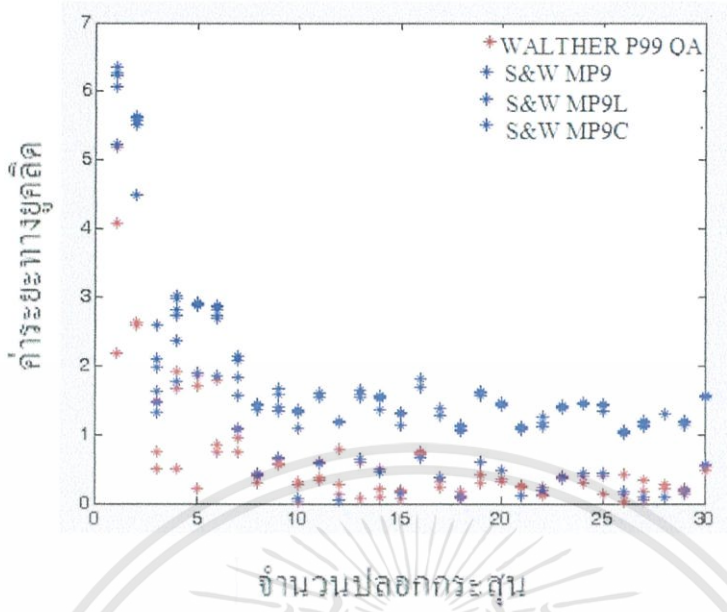
ปลอกกระสุนอ้างอิงเทียบกับปลอกอื่น

รูปที่ 6.12 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนรุ่น WALTHER Champion P88

ที่ได้มาจากปืนที่มีขนาด 9 มม. ที่ได้จากการทดลองเทียบกับปลอกกระสุนอื่น

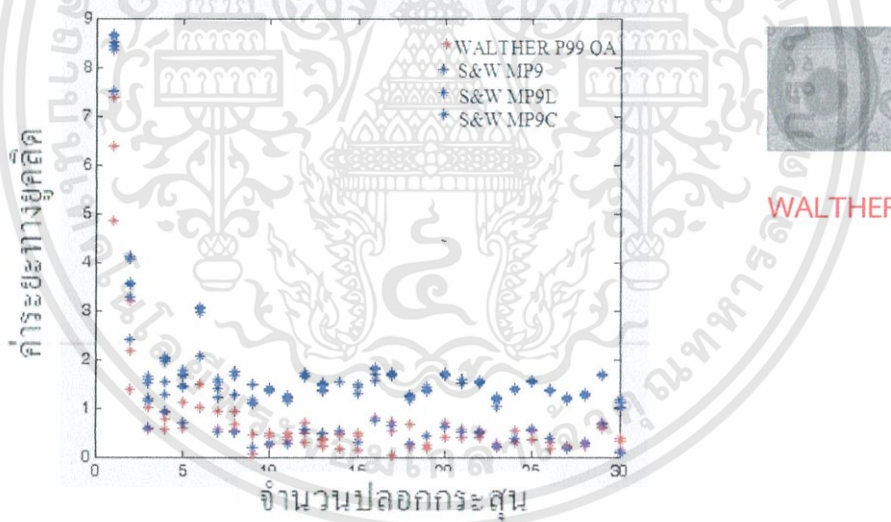
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



WALTHER P99 QA

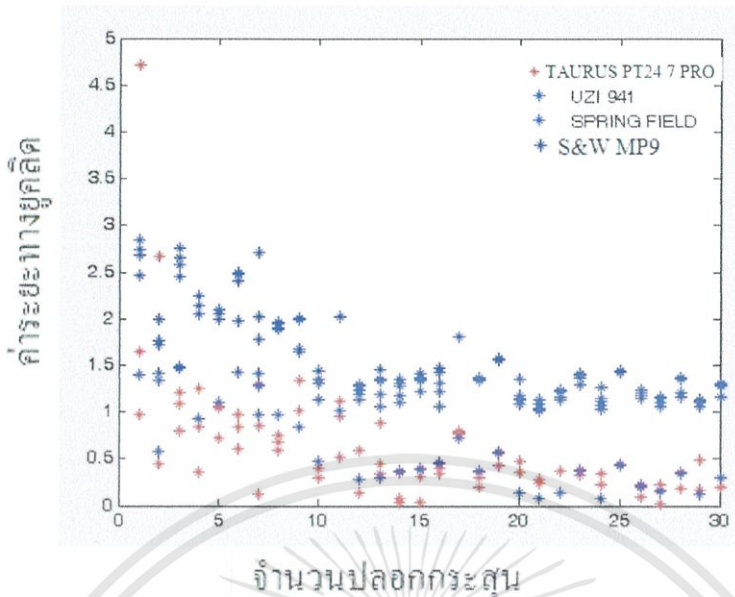
รูปที่ 6.13 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนรุ่น WALTHER P99 QA ที่ได้มาจากปืนที่มีขนาด 9 มม. ที่ได้จากการทดลองเทียบกับปลอกอื่นโดยตัดรอยเข็มแทงชนวน



WALTHER P99 QA

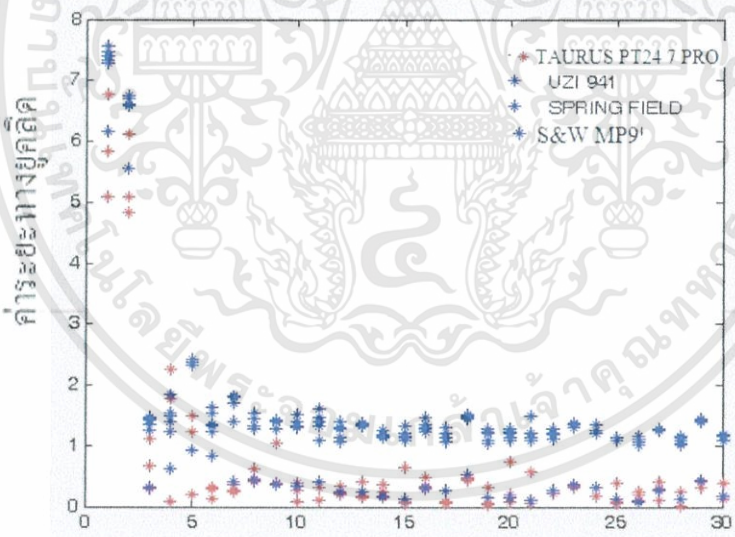
รูปที่ 6.14 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนรุ่น WALTHER P99 QA ที่ได้มาจากปืนที่มีขนาด 9 มม. ที่ได้จากการทดลองเทียบกับปลอกอื่นโดยไม่ตัดรอยเข็มแทงชนวน

ดังนั้นจากระยะทางยูคลิดดังรูปที่ 6.13 กับรูปที่ 6.14 จะความแตกต่างอยู่บ้าง แต่ไม่มากนัก เพราะอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์มีประสิทธิภาพไม่มากพอที่จะถ่ายภาพรอยเข็มแทงชนวนได้



TAURUS PT 24/7 PRO

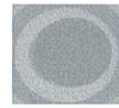
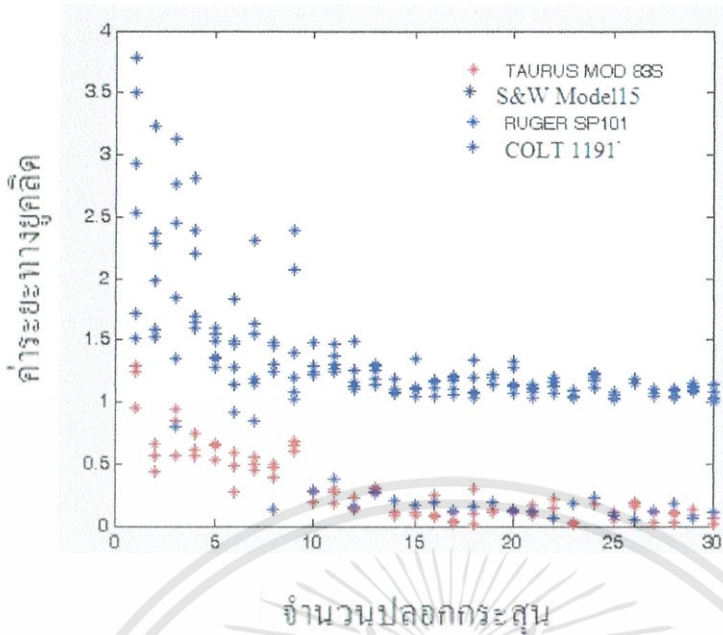
รูปที่ 6.15 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนรุ่น TAURUS PT24 7 PRO ที่ได้มาจากปืนที่มีขนาด 9 มม. ที่ได้จากการทดลองเทียบกับปลอกอื่นโดยตัดรอยเข็มแทงชนวน



TAURUS PT 24/7 PRO

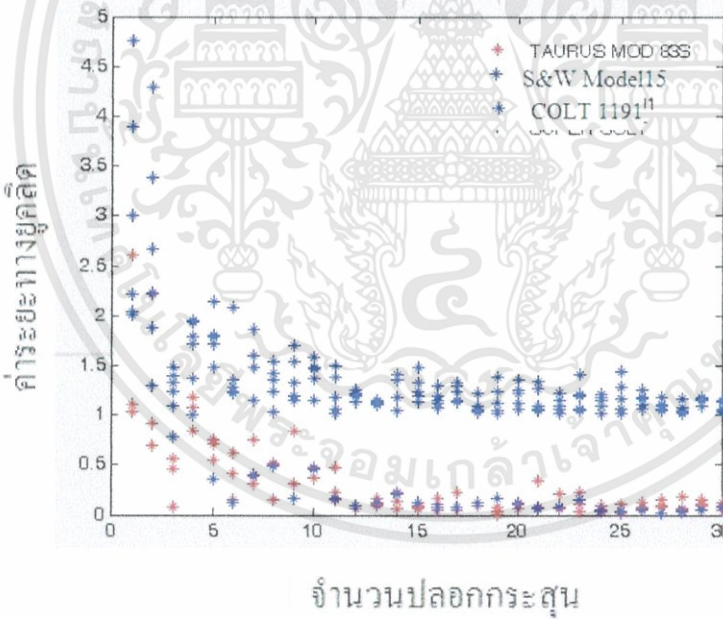
รูปที่ 6.16 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนรุ่น TAURUS PT24 7 PRO ที่ได้มาจากปืนที่มีขนาด 9 มม. ที่ได้จากการทดลองเทียบกับปลอกอื่นโดยไม่ตัดรอยเข็มแทงชนวน

ดังนั้นจากระยะทางยูคลิดดังรูปที่ 6.15 กับรูปที่ 6.16 จะความแตกต่างอยู่บ้าง แต่ไม่มากนัก เพราะอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์มีประสิทธิภาพไม่มากพอที่จะถ่ายภาพรอยเข็มแทงชนวนได้



TAURUS MODEL 83S

รูปที่ 6.17 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนรุ่น TAURUS MODEL 83S ที่ได้มาจากปืนที่มีขนาด .38 ที่ได้จากการทดลองเทียบกับปลอกอื่นโดยตัดรอยเข็มแทงขนวน



TAURUS MODEL 83S

รูปที่ 6.18 แสดงค่าระยะทางยูคลิดของภาพปลอกกระสุนปืนรุ่น TAURUS MODEL 83S ที่ได้มาจากปืนที่มีขนาด .38 ที่ได้จากการทดลองเทียบกับปลอกอื่นโดยไม่ตัดรอยเข็มแทงขนวน

ดังนั้นจากระยะทางยูคลิดดังรูปที่ 6.21 กับรูปที่ 6.22 ในขณะที่รูปที่ 6.22 จะความแตกต่างอยู่บ้าง แต่ไม่มากนัก เพราะอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์มีประสิทธิภาพไม่มากพอที่จะถ่ายภาพรอยเข็มแทงขนวนได้

สรุปผลการดำเนินงาน

7.1 สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน โดยในขั้นตอนการตรวจสอบได้เสนอวิธีการตั้งเองคุณลักษณะเด่นของภาพปลอกกระสุนปืนมาศึกษา โดยลักษณะเด่นนี้จะมีคุณสมบัติที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามการหมุนของภาพปลอกกระสุนปืนในองศาที่ต่างกัน ซึ่งลักษณะดังกล่าวสามารถแสดงโดยใช้ค่าสัมบูรณ์ของอนุกรมฟูเรียร์ของภาพปลอกกระสุนปืนที่อยู่ในพิกัดเชิงขั้ว

การใช้สเตปมอเตอร์มาช่วยในการควบคุมระบบการถ่ายภาพคือการควบคุมอุปกรณ์ส่องสว่าง การควบคุมขนาดของภาพ การควบคุมความคมชัดของภาพ ทำให้ภาพที่จะนำไปประมวลผลมีความคมชัดมากขึ้นสามารถนำภาพประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการถ่ายภาพโดยพิจารณาจากรอยที่เกิดจากการกระแทกของแบริ่งท้ายรังปืนบริเวณจอกแก้ว โดยเราตัดภาพบริเวณรอยเข็มแทงขนวนออก จากนั้นนำภาพนั้นมาแปลงเป็นพิกัดเชิงขั้ว และสุดท้ายนำค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่คำนวณได้ใช้เป็นคุณลักษณะเด่นของปืนแต่ละกระบอก โดยการตรวจสอบยืนยันอาวุธปืนกระทำได้โดยคำนวณค่าความเหมือนด้วยการวัดระยะแบบยูคลิดระหว่างคุณลักษณะเด่นที่คำนวณได้จากปลอกกระสุนปืนอ้างอิงและปลอกกระสุนปืนที่นำมาตรวจสอบ จึงจะสามารถจำแนกได้ว่าปลอกกระสุนปืนที่นำมาเป็นปลอกกระสุนปืนที่ยิงจากปืนกระบอกเดียวกันได้

7.2 ปัญหาและอุปสรรคของการดำเนินงาน

1. เกิดอุบัติเหตุทำกระชกสะท้อนแสงของไฟส่องสว่างแตก ทำให้ไม่สามารถทำการทดลองและเก็บข้อมูลต่อไปได้ จึงทำให้การดำเนินงานช้าลง
2. กล้องในขณะที่ปรับกำลังขยายโดยใช้สเตปมอเตอร์ มีความผิดพลาดระหว่างการหมุนบริเวณลำกล้องไม่เท่ากัน
3. มีแสงสว่างรบกวนในการถ่ายภาพ ทำให้ผลการทดลองเกิดการคลาดเคลื่อนได้
4. กล้องถ่ายภาพยังมีข้อจำกัดในการถ่ายภาพบริเวณหลุมท้ายรางเพลิง เกิดเป็นภาพมัวและมีแสงสะท้อน

7.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

1. พัฒนาโปรแกรมให้มอเตอร์และกล้องทำงานไปพร้อมๆ กันได้โดยให้มอเตอร์หมุนปรับโฟกัสของภาพให้ชัดเจนแล้วจึงถ่ายภาพ
2. พัฒนาโดยเลือกใช้กล้องที่มีประสิทธิภาพสูงในการถ่ายภาพขนาดเล็ก สามารถถ่ายภาพบริเวณหลุมท้ายรางเพลิงได้ชัดเจน
3. พัฒนารูปแบบการตั้งคุณลักษณะเด่นของปลอกกระสุนปืนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] P. Thumwarin, C. Prasit and T. Matsuura, "Firearm identification based on rotation invariant feature of cartridge case," SICE Annual Conference 2008, pp.45-49, 2008.
- [2] IBIS, *Student Book for IBIS version 2.1*, Forensic Technology Inc., November 1997.
- [3] www.firearmid.com
- [4] http://www.kknic.ac.th/~kkvisart_poon/Webpage/wachira/htdoc/less_5/Stepmoter.pdf
- [5] http://www.mathworks.com/help/matlab/math/multidimensional-arrays.html?s_tid=doc_12b
- [6] Association for Computing Machinery (1979), *Computer Graphics*, Tata McGraw-Hill, ISBN 978-0-07-059376-3
- [7] Baker, Andrew J. (2003), *Matrix Groups: An Introduction to Lie Group Theory*, Berlin, DE; New York, NY: Springer-Verlag, ISBN 978-1-85233-470-3
- [8] Bau III, David; Trefethen, Lloyd N. (1997), *Numerical linear algebra*, Philadelphia, PA: Society for Industrial and Applied Mathematics, ISBN 978-0-89871-361-9
- [9] http://www.mscomed54.com/csharpwbi/chap7/chap_1.php
- [10] Goldstein, Lay, Schneider, Asmar, *Brief calculus and its applications*, 11th ed., Prentice-Hall, 2006.
- [11] "The natural exponential function is identical with its derivative. This is really the source of all the properties of the exponential function, and the basic reason for its importance in applications..." - p.448 of Courant and Robbins, *What is mathematics? An elementary approach to ideas and methods* (edited by Stewart), 2nd revised edition, Oxford Univ. Press, 1996.
- [12] "Inverse Use of a Table of Logarithms; that is, given a logarithm, to find the number corresponding to it, (called its antilogarithm)..." - p.12 of Converse and Durrel, *Plane and spherical trigonometry*, C.E. Merrill co., 1911.
- [13] Walter Rudin, *Real and Complex Analysis*, McGraw-Hill, 3rd ed., 1986, ISBN 978-0-07-054234-1, page 1
- [14] Kate, S.K.; Bhapkar, H.R. (2009), *Basics Of Mathematics*, Pune: Technical Publications, ISBN 978-81-8431-755-8, chapter 1
- [15] Alan Melia, G3NYK. "Understanding LF Propagation". *Radcom* (Bedford, UK: Radio Society of Great Britain) **85** (9): 32.