

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเปรียบเทียบภาพทางนิติวิทยาศาสตร์

VISUAL INSPECTION FOR FORENSIC SCIENCE



T119529



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **119529**
วัน,เดือน,ปี.....- **8 S.ค. 2554**

b. 10060000
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VISUAL INSPECTION FOR FORENSIC SCIENCE

BY

**MISS.JITTIORNPUKPIRUNKUL
MR.CHANOOT UNGPIATTANAPONG
MR.TUSANAI TANGJETJARUNG**



**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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
2010

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การเปรียบเทียบภาพทางนิติวิทยาศาสตร์
TITLE VISUAL INSPECTION FOR FORENSIC SCIENCE

ชื่อนักศึกษา นางสาว จิตติพร ภักดิ์พิรุฬห์กุล รหัสนักศึกษา 50010222
 นาย ชนุตร์ อึ้งพิพัฒน์พงศ์ รหัสนักศึกษา 50010305
 นาย ทัตวัฒน์ไชนย์ ตั้งเจตน์จรุง รหัสนักศึกษา 50010413

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พิทักษ์ ธรรมวาริน

ระดับการศึกษา ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ

ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ

ปีการศึกษา 2553



ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรม
ศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(ผศ.ดร.พิทักษ์ ธรรมวาริน)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การเปรียบเทียบภาพทางนิติวิทยาศาสตร์
ชื่อนักศึกษา นางสาว จิตติพร ภัคพิรุพหกุล รหัสนักศึกษา 50010222
นาย ชนุตร์ อึ้งพิพัฒน์พงศ์ รหัสนักศึกษา 50010305
นาย ทศม์ไพบย์ ตั้งเจตน์จรุง รหัสนักศึกษา 50010413
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พิทักษ์ ธรรมวาริน
ระดับการศึกษา ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

โครงการนี้ได้นำเสนอเกี่ยวกับการนำวิธีการของการตรวจสอบวินิจฉัยภาพมาประยุกต์ใช้กับงานทางนิติวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งการประยุกต์ไปใช้งานเป็น 2 ชนิด ชนิดแรกเป็นการพัฒนาระบบช่วยในการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน และชนิดที่สองเป็นระบบช่วยในการตรวจสอบลายนิ้วมือ โดยในชนิดแรกจะเป็น โปรแกรมที่ใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อบ่งบอกถึงที่มาของปลอกกระสุนปืนนั้นว่าถูกยิงมาจากปืนกระบอกใด และสามารถแสดงให้เห็นลักษณะเด่นของปืนแต่ละกระบอกจากภาพถ่ายงานท้ายปลอกกระสุนปืน ในชนิดที่สองนั้นเราทำการเปรียบเทียบลายนิ้วมือของเจ้าของลายนิ้วมือโดยวิธีการในการเปรียบเทียบคือ เราจะทำการถ่ายรูปลายนิ้วมือจากกล้องที่อยู่บน โทรศัพท์มือถือและทำการเปรียบเทียบกับลายนิ้วมือที่อยู่ในฐานข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต โดยในส่วนของลายนิ้วมือนั้นเราจะทำการเปรียบเทียบสองอย่างคือลายนิ้วมือที่ได้จากน้ำหมึก กับ ลายนิ้วมือที่ได้จากผงฝุ่นดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Visual Inspection for Forensic Science	
Student	MISS.Jittiporn Pukpirunkul	ID. 50010222
	MR.Chanoot Ungpipattanapong	ID. 50010305
	MR.Tusanai Tangjetjarung	ID. 50010413
Advisor	Asst.Prof.Dr.Pitak Thumwarin	
Department	Information Engineering	
Academic Year	2010	

ABSTRACT

This thesis present about an automation system for forensic science using visual inspection. The application is applied into two parts. In the first part, the firearm identification system is developed. In this system ,firearm can be identified by using an image of primer ring obtained from the fired cartridge case. In this case, the rotation invariant feature of the cartridge case image are extracted and used an unique feature for firearm identification. In the second part, the fingers print identification system is developed. In this part, image of finger prints are represented by using ink and black powder. Then the images is taken by using digital camera on the mobile phone. Moreover, the application to identify the finger print on the mobile phone is developed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

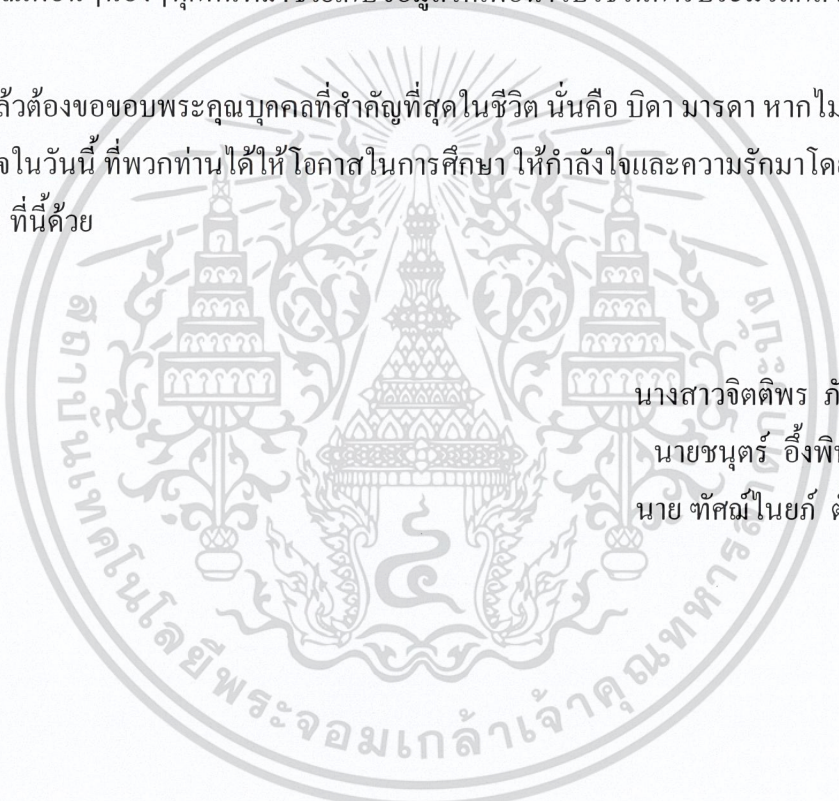
ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี จากการให้คำปรึกษา คำสอน และคำแนะนำจาก ผศ.ดร. พิทักษ์ ธรรมวาริน ซึ่งท่านเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของปริญญาบัตรฉบับนี้ และท่านก็เป็นแรงผลักดัน จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ตลอดระยะเวลาที่ศึกษาอยู่ ขอขอบคุณ Prof.Dr.Takenobu Matsuura ที่ให้คำปรึกษาในเรื่องทฤษฎีการคำนวณต่างๆ

ขอขอบคุณกองพิสูจน์หลักฐานกลางที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ และสอนในเรื่องต่างๆ

ขอขอบคุณเพื่อนๆน้องๆทุกคนที่มาช่วยเก็บข้อมูลให้เพื่อนำไปใช้ในการประมวลผล และ ให้กำลังใจ มาโดยตลอด

สุดท้ายแล้วต้องขอขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญที่สุดในชีวิต นั่นคือ บิดา มารดา หากไม่มีพวกท่านแล้ว ก็คงไม่มีความสำเร็จในวันนี้ ที่พวกท่านได้ให้โอกาสในการศึกษา ให้กำลังใจและความรักมาโดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย



นางสาวจิตติพร ภักดิ์พิรุฬห์กุล
นายชนุตร์ อึ้งพิพัฒน์พงศ์
นาย ทัตต์ฉวี ไนย์ภักดิ์ ตั้งเจตน์จรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV-VII
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX-XIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 เป้าหมายและขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การตรวจสอบป็นจากปลอกกระสุนปืน.....	4
2.1.1 อารูฐปืน.....	4
2.1.2 ปลอกกระสุนปืน.....	5
2.1.3 ภาพสี (Color Image/RGB Image).....	7
2.1.4 ภาพระดับสีเทา (Gray Level Image).....	7
2.1.5 ฟังก์ชันคาบ (periodic function).....	8
2.1.6 อนุกรมฟูรีเยร์ (Fourier Series).....	8
2.1.7 อนุกรมฟูรีเยร์ตรีโกณมิติ (Trigonometric Fourier Series).....	8
2.2 การตรวจสอบลายนิ้วมือเบื้องต้นจากจุดเกิดเหตุ.....	12
2.2.1 ลักษณะเด่นบนลายนิ้วมือ.....	12
2.2.2 ชนิดและลักษณะของลายนิ้วมือแบบต่างๆ.....	13
2.2.2.1 กลุ่มโค้งเส้นแนวโค้ง.....	13
2.2.2.2 กลุ่มมัดหวาย (Loop).....	15
2.2.2.3 กลุ่มก้นหอย.....	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
2.2.3 ลักษณะสำคัญของลายนิ้วมือ (minutiae).....	18
2.2.4 การปรับปรุงภาพเบื้องต้น (Normalization).....	19
2.2.5 ตัวกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian Filter).....	19
2.2.6 การหาทิศทางของภาพ.....	20
2.2.6.1 การหาอนุพันธ์ของภาพอันดับที่ 1.....	20
2.2.6.2 การหาสนามทิศทางของภาพ.....	21
2.2.7 การหาตำแหน่งจุดอ้างอิง.....	22
2.2.8 การหาวงกลม.....	23
บทที่ 3 การออกแบบและขั้นตอนการทดลอง.....	24
3.1 ขั้นตอนการประมวลผลของการตรวจสอบป็นจากปลอกกระสุนปืน.....	24
3.1.1 การแปลงภาพสี (Color Image/RGB Image) เป็นภาพระดับสีเทา (Gray Level Images)....	25
3.1.2 การประมาณค่าศูนย์กลางของวงกลม.....	26
3.1.3 การแปลงพิกัดฉาก (Cartesian Coordinates) เป็นพิกัดเชิงขั้ว (Polar Coordinates).....	29
3.1.4 การประมาณค่าด้วยฟูเรียร์ (Fourier Approximation).....	30
3.1.5 ระบบผลตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัด (Finite Impulse Response System).....	34
3.1.6 การวัดระยะแบบยูคลิด (Euclidean distance).....	36
3.2 การสร้างและออกแบบโปรแกรมตรวจสอบอาวุธปืนจากปลอกกระสุนปืน.....	37
3.2.1 โครงสร้างตารางฐานข้อมูล (Data Dictionary).....	37
3.2.2 การออกแบบโปรแกรม.....	39
3.3 ขั้นตอนการศึกษาหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ.....	41
3.3.1 การแปลงภาพสี (Color Image/RGB Image) เป็นภาพระดับสีเทา (Gray Level Images)....	41
3.3.2 การปรับปรุงภาพเบื้องต้น (Normalization).....	41
3.3.3 การหาทิศทางของภาพ.....	42
3.3.4 การหาตำแหน่งจุดอ้างอิง.....	45
3.3.5 หาลักษณะเด่นของภาพ.....	46

สารบัญ (ต่อ)

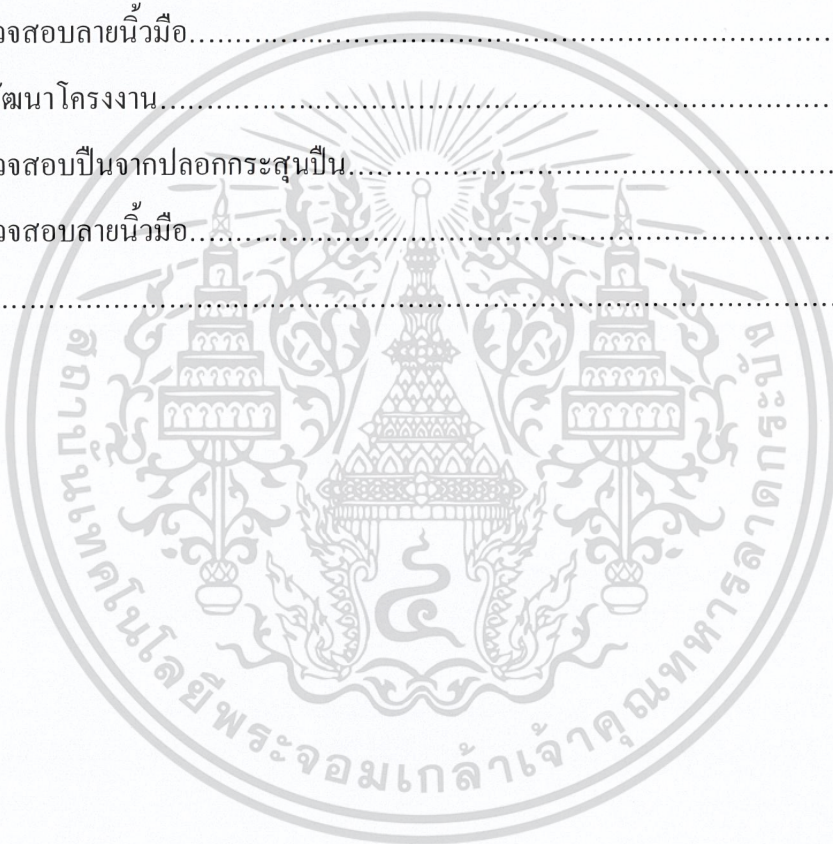
เนื้อหา	หน้า
3.3.6 การวัดระยะแบบยูคลิด (Euclidean distance).....	47
3.4 ขั้นตอนการศึกษาหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือแบบที่ 2.....	48
3.4.1 การแปลงภาพสี (Color Image/RGB Image).....	48
3.4.2 ภาพระดับสีเทา (Gray Level Images).....	48
3.4.3 การปรับปรุงภาพ.....	48
3.4.4 การหาตำแหน่งจุดอ้างอิง.....	48
3.4.5 การหาทิศทางของภาพ.....	49
3.4.6 การวัดระยะแบบยูคลิด (Euclidean distance).....	50
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	51
4.1 การตรวจสอบป็นจากปลอกกระสุนปืน.....	51
4.1.1 รูปปลอกกระสุนที่ใช้ในการทดลอง.....	51
4.1.2 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของปลอกกระสุนปืน.....	52
4.1.3 ผลการเปรียบเทียบค่าผลตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัด.....	53
4.1.4 ผลการจำแนกปลอกกระสุนปืน.....	54
4.2 การศึกษาหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ.....	58
4.2.1 รูปภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ใช้ในการทดลอง.....	58
4.2.2 ผลการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ.....	59
บทที่ 5 โปรแกรมประยุกต์.....	62
5.1 โปรแกรมตรวจสอบอาวุธปืนจากปลอกกระสุนปืน(I).....	62
5.1.1 ส่วนลงทะเบียนอาวุธปืน.....	62
5.1.2 ส่วนการตรวจสอบอาวุธปืนจากปลอกกระสุนปืน.....	64
5.2 โปรแกรมเปรียบเทียบอาวุธปืนจากปลอกกระสุนปืน(II).....	69
5.3 โปรแกรมตรวจสอบลายนิ้วมือจากโทรศัพท์มือถือ.....	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 6 สรุปผลการดำเนินโครงการ	77
6.1 สรุปผลการทดลอง.....	77
6.2 ปัญหาและอุปสรรคของการดำเนินโครงการ.....	77
6.2.1 การตรวจสอบปิ่นจากปลอกกระสุนปืน.....	77
6.2.2 การตรวจสอบลายนิ้วมือ.....	77
6.3 แนวทางการพัฒนาโครงการ.....	78
6.3.1 การตรวจสอบปิ่นจากปลอกกระสุนปืน.....	78
6.3.2 การตรวจสอบลายนิ้วมือ.....	78
บรรณานุกรม.....	79



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง

หน้า

2.1	มาร์คแบบเกาส์เซียนที่มีขนาด (7, 7) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(σ) มีค่าเท่ากับ 2 เป็น.....	19
3.1	แสดงของมูลของตาราง People.....	37
3.2	แสดงข้อมูลของตาราง License.....	37
3.3	แสดงของมูลของตาราง Gun.....	38
3.4	แสดงของมูลของตาราง Picture.....	38
3.5	มาร์คแบบเกาส์เซียนที่มีขนาด (7, 7) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(σ) มีค่าเท่ากับ 2 เป็น.....	42



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 แสดงรายละเอียดของปิ่น.....	4
2.2 แสดงรายละเอียดของปลอกกระสุนปิ่น และ รูปร่างของปลอกกระสุนปิ่น.....	5
2.3 แสดงตำแหน่งของภาพของรอยเข็มแทงชนวนที่ใช้ในการตรวจสอบ.....	6
2.4 แสดงภาพสีและค่าพิกเซลของภาพสี.....	7
2.5 แสดงภาพระดับสีเทาและค่าพิกเซลของภาพระดับสีเทา.....	7
2.6 วงกลมสีแดงแสดงจุดกึ่งกลางของลายนิ้วมือ (core).....	12
2.7 วงกลมสีแดงแสดงสันคอนของลายนิ้วมือ (delta).....	13
2.8 ทางค้ำยซ้าย คือ ลายนิ้วมือแบบ โค้งระนาบ ทางค้ำยขวา คือ ลายนิ้วมือแบบ โค้งกระโจม.....	13
2.9 ลายนิ้วมือแบบ โค้งราบ (plain arch).....	14
2.10 ลายนิ้วมือแบบ โค้งกระโจม (tented arch).....	14
2.11 แสดงลักษณะของกลุ่มมัดหวายเฉียงขวา (right slant loop).....	15
2.12 แสดงลักษณะของกลุ่มมัดหวายเฉียงซ้าย (left slant loop).....	15
2.13 แสดงลักษณะของกลุ่มมัดหวายคู่ (double loop).....	16
2.14 แสดงลักษณะของกลุ่มก้นหอยแบบกระเป๋ากลาง (central pocket loop whorl).....	16
2.15 แสดงลักษณะของกลุ่มก้นหอยแบบกระเป๋ากลาง (Lateral pocket loop).....	17
2.16 แสดงลักษณะของกลุ่มก้นหอยแบบซบซ้อน (Accidental whorl).....	17
2.17 วงกลมสีแดงแสดงปลายของสันลายนิ้วมือ (Ridge ending).....	18
2.18 วงกลมสีแดงแสดงจุดแยกของสันลายนิ้วมือ (ridge bifurcation).....	18
2.19 รูปวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่พิกัด (0, 0) และมีรัศมี $r = 50$	23
3.1 แสดงภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพงานทำของปลอกกระสุนปิ่น.....	24
3.2 แสดงภาพงานทำของปลอกกระสุนปิ่นและบริเวณที่ใช้ในการตรวจสอบ.....	25
3.3 แสดงภาพงานทำของปลอกกระสุนปิ่นที่เป็นภาพสีและภาพระดับความเข้มเทา.....	25
3.4 แสดงการประมาณค่าจุดศูนย์กลางวงกลม.....	26
3.5 แสดงตัวอย่างการหาจุดบริเวณของงานทำปลอกกระสุนปิ่น และจุดศูนย์กลางที่ได้.....	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 แสดงภาพจอกแก้วของพลาทอกระสุนปืน.....	28
3.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดฉากกับพิกัดเชิงขั้ว.....	29
3.8 แสดงตัวอย่างการพิจารณาค่าระดับสีเทาของภาพส่วนที่เป็นแก้ว และตัวอย่างการแปลงระบบพิกัดฉากเป็นพิกัดเชิงขั้ว.....	30
3.9 $ a_m^{(k)} $ ที่ได้มาจากพลาทอกระสุนปืนที่มาจากปืนกระบอกเดียวกันและที่มาจากปืนคนละกระบอก ที่ถูกหมุนไปด้วยองศาที่แตกต่างกัน.....	32
3.10 แสดงภาพการประมาณค่าของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์จากภาพต้นฉบับ.....	33
3.11 แสดงระบบผลตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัดที่มีค่าสมบรูณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่คำนวณได้จากรัศมีที่แตกต่างกันเป็นอินพุตและเอาต์พุต.....	34
3.12 แสดงผลตอบสนองอิมพัลส์ที่คำนวณได้จากพลาทอกระสุนปืนขนาด 11 มม.ที่ยิงมาจากปืนกระบอกเดียวกันที่หมุนไปด้วยองศาที่แตกต่างกันและที่ยิงมาจากปืนคนละกระบอก.....	35
3.13 แสดงค่าระยะห่างแบบยูคลิดของค่า $h_{k+p,k}$ ที่คำนวณได้จากพลาทอกระสุนปืนที่มาจากปืนกระบอกเดียวกันและปืนคนละกระบอกกัน.....	36
3.14 Flow chart ของโปรแกรมในส่วนลงทะเบียน.....	39
3.15 Flow chart ของโปรแกรมในส่วนตรวจสอบอาวุธปืน.....	40
3.16 แสดงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่เป็นภาพสี RGB และภาพระดับความเข้มเทา.....	41
3.17 ภาพฮิสโตแกรมของภาพระดับสีเทา และภาพที่ผ่านการปรับปรุงภาพ.....	42
3.18 แสดงทิศทางของลายนิ้วมือ.....	45
3.19 ภาพแสดงจุดอ้างอิง.....	45
3.20 ภาพวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่พิกัด (0, 0) และมีรัศมี $r = 50$	46
3.21 ภาพวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่พิกัด (192, 100) และมีรัศมี $r = 50$	46
3.22 ภาพที่เก็บค่าพิกเซลในพื้นที่วงกลม.....	47
3.23 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ.....	47
3.24 ภาพแสดงจุดอ้างอิงพิกัด (X_{center}, Y_{center})	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.25 ภาพที่ได้หลังจากการหาทิศทางของภาพ.....	49
3.26 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลายนิ้วมือวิธีที่2.....	50
4.1 อย่างปลอกกระสุนปืนที่นำมาใช้ในการตรวจสอบ.....	51
4.2 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์จากปืนทั้ง 6 กระบอก.....	52
4.3 การเปรียบเทียบค่าผลสนองตอบอิมพัลส์จากปืนทั้ง 6 กระบอก.....	53
4.4 ผลการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน โดยใช้ปืน Para-Ordnance ssp-nite tac .45 เป็นปืนอ้างอิง.....	54
4.5 ผลการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน โดยใช้ปืน Colt Defend series90 .45 เป็นปืนอ้างอิง.....	55
4.6 ผลการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน โดยใช้ปืนColt series70 .45 อ.พิทักษ์ ศูนย์ปรับได้เป็นปืนอ้างอิง.....	55
4.7 ผลการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน โดยใช้ปืน Infinity sv.45 เป็นปืนอ้างอิง.....	56
4.8 ผลการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน โดยใช้ปืน Colt serie70 .45 เป็นปืนอ้างอิง.....	56
4.9 ผลการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน โดยใช้ปืน Colt 1911 เป็นปืนอ้างอิง.....	57
4.10 ภาพตัวอย่างภาพพิมพ์ลายนิ้วมือจากหมึกพิมพ์ที่ใช้นำมาทดสอบ.....	58
4.11 ภาพตัวอย่างภาพพิมพ์ลายนิ้วมือจากผงหมึกดำที่ใช้นำมาทดสอบ.....	58
4.12 ภาพตัวอย่างภาพพิมพ์ลายนิ้วมือจากหมึกพิมพ์และผงหมึกดำจากบุคคลเดียวกัน.....	59
4.13 ผลการตรวจสอบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยใช้ลายนิ้วมือของบุคคลที่ 1 เป็นลายนิ้วมืออ้างอิง.....	59
4.14 ผลการตรวจสอบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยใช้ลายนิ้วมือของบุคคลที่ 2 เป็นลายนิ้วมืออ้างอิง.....	60
4.15 ผลการตรวจสอบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยใช้ลายนิ้วมือของบุคคลที่ 3 เป็นลายนิ้วมืออ้างอิง.....	60
4.16 เป็นการเปรียบเทียบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือของบุคคลอ้างอิงที่เก็บ โดยผงหมึกดำ โดยใช้วิธีที่2.....	61
5.1 หน้าจอของโปรแกรมส่วนลงทะเบียนอาวุธปืน.....	62
5.2 หน้าจอของโปรแกรมส่วนลงทะเบียนอาวุธปืนขณะทำการค้นหาข้อมูล.....	63
5.3 หน้าจอของโปรแกรมส่วนตรวจสอบอาวุธปืนขณะทำการถ่ายภาพจันท้ายของปลอกกระสุนปืน.....	64
5.4 หน้าจอของโปรแกรมส่วนตรวจสอบอาวุธปืน ขณะทำการเลือกจำนวนปลอกเปรียบเทียบที่ใกล้เคียงที่สุดกับอาวุธปืนที่ตรวจสอบ.....	65

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.5 หน้าจอของโปรแกรมส่วนตรวจสอบอาวุธปืน หลังจากตรวจสอบโดยที่เลือกจำนวนปลอกเปรียบเทียบจำนวน 10 กระบอก.....	66
5.6 หน้าจอของโปรแกรมส่วนตรวจสอบอาวุธปืน ในส่วนของรายละเอียดของค่า Impulse Responseของระบบ FIR Systems.....	67
5.7 หน้าจอของโปรแกรมส่วนตรวจสอบอาวุธปืน ในส่วนของรายละเอียดของค่า Gray Level ที่รัศมี75ของแก้วของปลอกกระสุนปืน.....	67
5.8 หน้าจอของโปรแกรมส่วนตรวจสอบอาวุธปืน ในส่วนของการค้นหา.....	68
5.9 หน้าจอของโปรแกรมเปรียบเทียบอาวุธปืนจากปลอกกระสุนปืน.....	69
5.10 หน้าจอของโปรแกรมขณะเลือกขนาดของอาวุธปืน.....	70
5.11 หน้าจอของโปรแกรมขณะทำการประมวลผล.....	70
5.12 หน้าจอของโปรแกรมหลังจากทำการประมวลผลเสร็จสิ้น.....	71
5.13 หน้าจอของโปรแกรมในส่วนการเปรียบเทียบค่าระดับความเข้มเทาของอาวุธปืนที่ยิงมาจากปืนกระบอกเดียวกัน ในขณะที่ยังไม่เลื่อนกราฟ.....	71
5.14 หน้าจอของโปรแกรมในส่วนการเปรียบเทียบค่าระดับความเข้มเทาของอาวุธปืนที่ยิงมาจากปืนกระบอกเดียวกัน หลังจากทำการเลื่อนกราฟ ซึ่งปลอกกระสุนปืนที่ยิงมาจากอาวุธปืนกระบอกเดียวกันนั้นจะมีค่าระดับความเข้มเทาที่ใกล้เคียงกัน.....	72
5.15 หน้าจอของโปรแกรมส่วนการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ ซึ่งปลอกกระสุนปืนที่ยิงมาจากอาวุธปืนกระบอกเดียวกันนั้นจะมีค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่ใกล้เคียงกัน.....	72
5.16 หน้าจอของโปรแกรมในส่วนการเปรียบเทียบค่าระดับความเข้มเทาของอาวุธปืนที่ยิงมาจากปืนคนละกระบอก ซึ่งปลอกกระสุนปืนที่ยิงมาจากอาวุธปืนคนละกระบอกนั้นจะมีค่าระดับความเข้มเทาที่ต่างกัน.....	73
5.17 หน้าจอของโปรแกรมส่วนการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของอาวุธปืนค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่ต่างกัน.....	73
5.18 รูปแสดงทิศทางการทำงานของ โปรแกรม.....	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.19 หน้าลงทะเบียน.....	75
5.20 หน้าถ่ายรูปลายนิ้วมือที่เก็บมาได้.....	75
5.22 หน้าตรวจสอบลายนิ้วมือ.....	76
5.23 ผลการตรวจสอบลายนิ้วมือ.....	76



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สังคมในปัจจุบันนี้มีเหตุอาชญากรรมเกิดขึ้นมากมาย ซึ่งหลักฐานที่พบในที่เกิดเหตุส่วนใหญ่มีลายนิ้วมือ และปลอกกระสุนเป็นหลักฐานสำคัญในการระบุตัวผู้ต้องสงสัย จึงเป็นเหตุให้หลักนิติวิทยาศาสตร์นั้นมีความสำคัญอย่างมากในการสืบหาความจริง

นิติวิทยาศาสตร์ (Forensic Science) เป็นการนำเอาวิชาความรู้ในทางด้านวิทยาศาสตร์ ในการเก็บและพิสูจน์หลักฐาน ตรวจร่างกายและวัตถุพยานเพื่อช่วยในการค้นหาความจริง ปัจจุบันมีการนำนิติวิทยาศาสตร์มาใช้ควบคู่กับกระบวนการยุติธรรม เนื่องจากเพราะวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องหลักการและเหตุผลที่เป็นจริงสามารถพิสูจน์ได้ โดยวิธีการพิสูจน์และระบุตัวตนของบุคคลโดยการอาศัยข้อมูลพื้นฐานทางด้านร่างกายของบุคคลหรือเรียกว่า ชีวมาตร (Biometrics) ซึ่งการตรวจสอบลายนิ้วมือเป็นวิธีการระบุตัวบุคคลที่ใช้เอกลักษณ์ของแต่ละบุคคลในการตรวจสอบ เพราะ โครงสร้างลายนิ้วมือมีความซับซ้อนยากต่อการซ้ำซ้อนกับบุคคลอื่น และวิธีการพิสูจน์ปลอกกระสุนปืน จะใช้ส่วนของแก๊บในการเปรียบเทียบ โดยจะใช้เอกลักษณ์ของปลอกกระสุนปืนซึ่งคือรอยจากแก๊บแท่งชนวน ซึ่งยากต่อการเกิดความซ้ำซ้อน

โดยหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ที่สำคัญในการระบุตัวผู้ต้องสงสัยมีอยู่หลายชนิดในจำนวนนั้นก็คือ ลายนิ้วมือและปลอกกระสุนปืนที่เก็บได้จากที่เกิดเหตุ ซึ่งในปัจจุบันต้องนำหลักฐานที่เก็บได้ในที่เกิดเหตุไปตรวจสอบที่สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ทำให้ต้องใช้เวลานาน ดังนั้นผู้จัดทำปริญาวิทยานิพนธ์จึงมีแนวคิดที่จะสร้าง โปรแกรมตรวจสอบลายนิ้วมือและ โปรแกรมตรวจสอบปลอกกระสุนปืน เพื่อเป็นประโยชน์ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ ในการค้นหาผู้ต้องสงสัยได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยจะสร้างและพัฒนาโปรแกรมที่สามารถใช้ตรวจสอบ ค้นหา และระบุข้อมูลของลายนิ้วมือผ่านอินเทอร์เน็ต ณ จุดเกิดเหตุได้โดยใช้มือถือในการเชื่อมต่อและตรวจสอบลายนิ้วมือได้ โดยไม่ต้องเสียเวลาในการนำหลักฐานไปตรวจสอบในคอมพิวเตอร์ที่เก็บฐานข้อมูลไว้สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ และการสร้าง โปรแกรมตรวจสอบปลอกกระสุนปืน เพื่อสร้างและพัฒนาโปรแกรมที่สามารถใช้ตรวจสอบ ค้นหา และระบุข้อมูลของอาวุธปืนที่ใช้ เนื่องจากผู้จัดทำปริญาวิทยานิพนธ์เล็งเห็นว่าในปัจจุบันประเทศไทยใช้อุปกรณ์ในการตรวจสอบกระสุนปืนของต่างประเทศซึ่งมีค่าใช้จ่ายและค่าบำรุงอุปกรณ์ที่มีราคาสูง และส่วนใหญ่จะใช้การตรวจสอบด้วยตาเปล่า ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญของผู้ตรวจสอบเป็นหลัก ไม่มีหลักการตายตัว ทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้มาก รวมทั้งใช้เวลาในการตรวจสอบค่อนข้างนาน เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เป็นการลดค่าใช้จ่าย และลดเวลาจึงเป็นเหตุผลในการสร้าง โปรแกรมตรวจสอบปลอกกระสุนปืน ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น โปรแกรมตรวจสอบลายนิ้วมือ และ โปรแกรมตรวจสอบปลอกกระสุนปืนจะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะพัฒนาการพิสูจน์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อพัฒนาโปรแกรมตรวจสอบอาวุธปืนให้สามารถตรวจสอบปลอกกระสุนปืนเพื่อระบุถึงอาวุธปืนได้

1.2.2 เพื่อพัฒนาโปรแกรมตรวจสอบลายนิ้วมือให้สามารถตรวจสอบลายนิ้วมือเพื่อระบุถึงผู้ต้องสงสัยได้

1.2.3 เพื่อพัฒนาโปรแกรมให้สามารถตรวจสอบลายนิ้วมือโดยประมวลผลผ่านอินเทอร์เน็ตจากโทรศัพท์เคลื่อนที่

1.3 เป้าหมายและขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ศึกษาเรียนรู้ขั้นตอนในการเขียนและพัฒนาโปรแกรมตั้งแต่ทฤษฎี กระบวนการ คิววิเคราะห์ออกแบบ และ ขั้นตอนประมวลผล

1.3.2 พัฒนาโปรแกรมตรวจสอบปลอกกระสุนปืนให้สามารถเก็บข้อมูลของผู้ครอบครองอาวุธปืนและภาพตัวอย่างของปลอกกระสุนปืน สามารถสืบค้นข้อมูลของผู้ครอบครองอาวุธปืน และสามารถตรวจสอบยืนยันอาวุธปืนจากปลอกกระสุนปืนได้

1.3.3 พัฒนาโปรแกรมตรวจสอบลายนิ้วมือให้สามารถตรวจสอบยืนยันบุคคลจากลายนิ้วมือ สามารถเก็บข้อมูลของเจ้าของลายนิ้วมือและภาพลายนิ้วมือ สามารถสืบค้นข้อมูลของเจ้าของลายนิ้วมือ และสามารถตรวจสอบยืนยันลายนิ้วมือผ่านทางอินเทอร์เน็ตโดยผ่านมือถือได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.4.1 ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการทำงานเกี่ยวกับทางด้านนิติวิทยาศาสตร์
- 1.4.2 ระบบที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้เพื่อเป็นประโยชน์ในการสืบสวนของเจ้าหน้าที่ตำรวจ
- 1.4.3 ผู้ทำโครงการได้รับ ความรู้เรื่องทางด้านPattern Recognition
- 1.4.4 ผู้ทำโครงการได้รับ ความรู้เรื่องการพัฒนาโปรแกรม
- 1.4.5 ผู้ทำโครงการได้รับ ความรู้เรื่องการเขียนโปรแกรมบนอินเทอร์เน็ต
- 1.4.6 ผู้ทำโครงการได้รับ ความรู้เรื่องการติดต่อ ค้นหา และการเขียนโปรแกรมกับฐานข้อมูล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

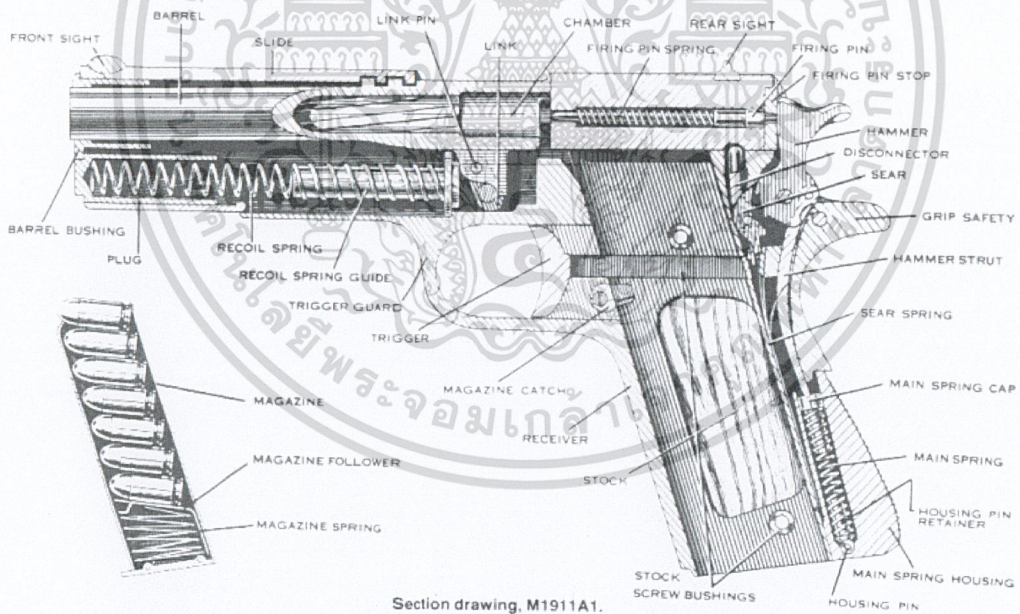
บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

2.1 การตรวจสอบปืนจากปลอกกระสุนปืน

2.1.1 อาวุธปืน

อาวุธปืน เป็นอาวุธซึ่งยิงกระสุนหนึ่งหรือมากกว่าด้วยความเร็วสูงผ่านทางท่อควบคุมการระเบิดของดินปืน ซึ่งอาวุธปืนแต่ละกระบอกจะทิ้งร่องรอยที่เกิดจากการยิงไว้บนปลอกกระสุนปืนในลักษณะที่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะเป็นปืนที่มีขนาดเดียวกัน โมเดลเดียวกัน ผลิตมาจากโรงงานที่เดียวกัน ร่องรอยดังกล่าวบนปลอกกระสุนปืนถ้ายิงมาจากปืนกระบอกเดียวกันก็จะมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นทางนิติวิทยาจึงได้นำร่องรอยดังกล่าวมาใช้เป็นหลักฐานในการพิสูจน์ยืนยันว่าปลอกกระสุนปืนใดๆ ที่เก็บได้มาจากที่เกิดเหตุ ถูกยิงมาจากปืนกระบอกไหนหรือมาจากปืนกระบอกเดียวกันหรือไม่



ที่มาของรูป : <http://writer.dek-d.com/dek-d/writer/view.php?id=629124>

รูปที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของปืน

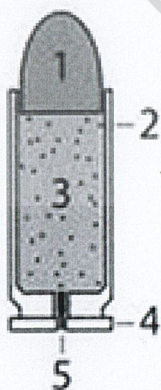
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ปลอกกระสุนปืน

กระสุนปืนเป็นวัตถุที่ถูกยิงออกจากอาวุธปืน โดยกระสุนปืนส่วนใหญ่หัวกระสุนจะทำจากโลหะตะกั่ว ผสมโลหะพลวงเล็กน้อยและหุ้มหัวกระสุนด้วยโลหะทองแดงเพื่อลดการเสียรูปทรงของหัวกระสุนและเพื่อความสะดวกในการป้อนเข้าสู่รังเพลิงของปืน โลหะที่ใช้ทำปลอกกระสุนปืนมีหลายประเภท เช่น ทองเหลือง อลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง ฯลฯ แต่ที่นิยมใช้มากที่สุดคือ ทองเหลือง ซึ่งเป็นโลหะที่ผสมระหว่าง ทองแดงกับสังกะสี

ส่วนประกอบของปลอกกระสุนปืนประกอบไปด้วย

1. ส่วนหัวกระสุน (bullet หรือ projectile) เป็นส่วนที่พุ่งเข้ากระทบเป้าหมาย
2. ส่วนปลอก (case) ซึ่งเป็นส่วนที่บรรจุดินขับและจับหัวกระสุนเอาไว้ ปลอกกระสุนปืนส่วนใหญ่จะมีลักษณะลำตัวเป็นทรงกระบอก
3. ดินขับ (propellant) ซึ่งเป็นส่วนที่จะเกิดการเผาไหม้ให้เกิดความร้อนปริมาณมากเพื่อขับเคลื่อนหัวกระสุนให้เคลื่อนที่ออกไป ชนิดของดินขับและอัตราการเผาไหม้จะเป็นตัวกำหนดความเร็วของหัวกระสุน
4. ริมหรือขอบจันท้าย (rim) เป็นส่วนที่ช่วยในการบรรจุและคัดปลอกกระสุนออก โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าส่วนปลอก ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ลูกกระสุนทั้งนั้นตกลงไปในตัวช่องของลูกไม่
5. แก๊ป (primer) ซึ่งเป็นส่วนที่บรรจุสารเคมีที่ไวต่อการกระแทก ส่วนนี้จะทำจากโลหะบางที่มีความอ่อนเมื่อส่วนแก๊ปถูกกระแทกอย่างแรง (ด้วยแรงตอกของเข็มแทงชนวน) สารเคมีที่อยู่ในแก๊ปก็จะเกิดการระเบิดให้ความร้อนและคลื่นกระแทกวิ่งผ่านรูที่อยู่ท้ายปลอกกระสุนเข้าไปจุดระเบิดดินขับที่อยู่ในปลอกอีกทอดหนึ่ง

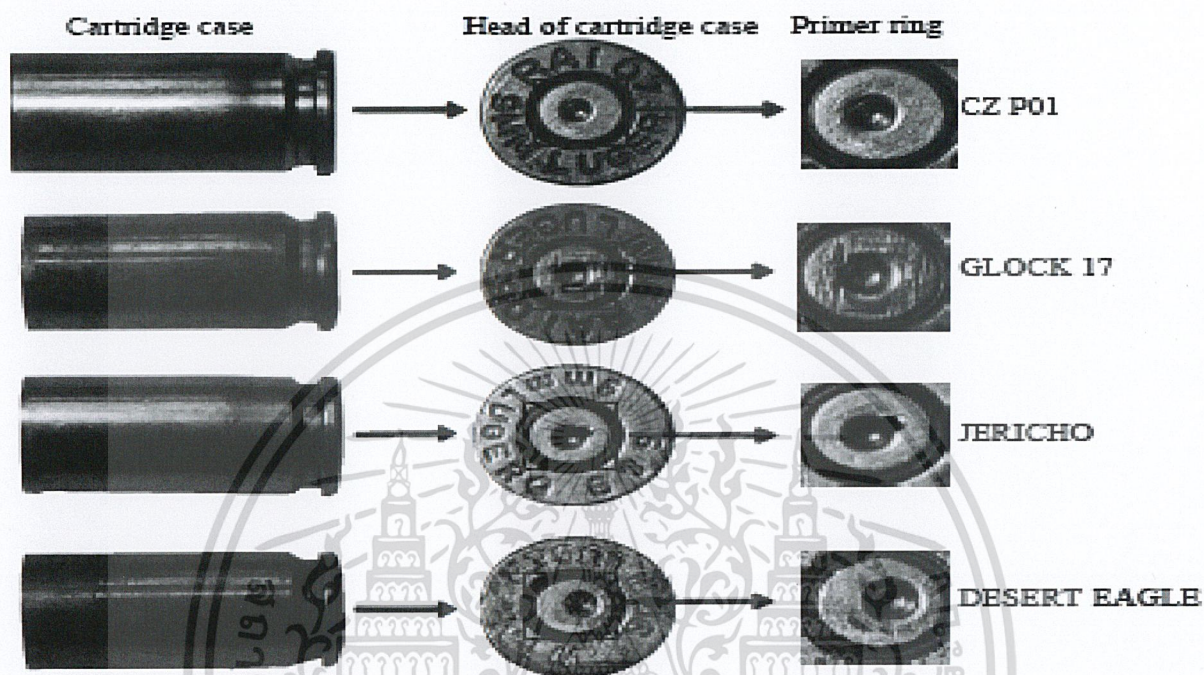


ที่มาของรูป : http://tamagozilla.blogspot.com/2009/08/mo-memoir_9487.html

รูปที่ 2.2 แสดงรายละเอียดของปลอกกระสุนปืน และ รูปร่างของปลอกกระสุนปืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยผู้จัดทำได้นำภาพถ่ายของงานทำขยปลอกกระสุนปืน ซึ่งมีร่องรอยที่เกิดจากเข็มแทงชนวนและร่องรอยที่เกิดจากปลอกกระสุนปืนกระแทกที่เป็นปัดทำขยรังเพลิง (breach face) มาใช้ในการเปรียบเทียบ



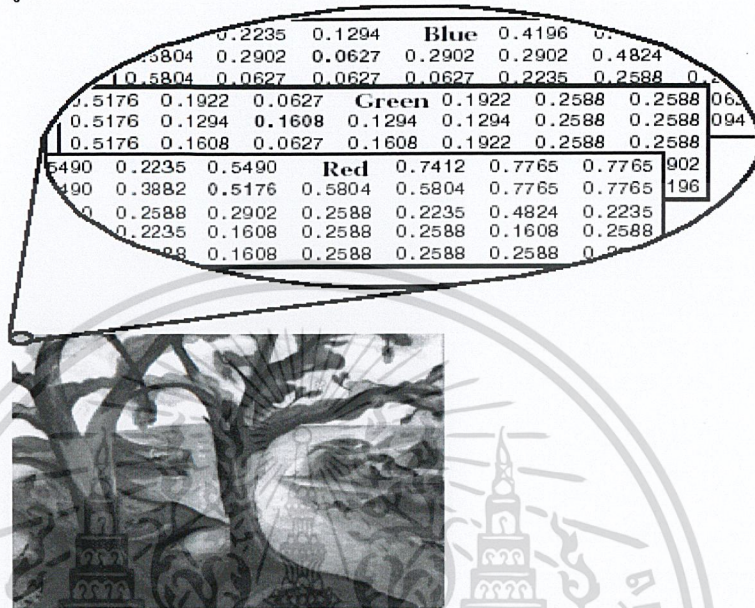
ที่มาของรูป; P.Thumwarin, C.Prasit, T.Suwanvesh and T.Matsuura, "FIR Firearm Identification System", Asia Simulation Conference 2009 (JSST 2009).

รูปที่ 2.3 แสดงตำแหน่งของภาพของรอยเข็มแทงชนวนที่ใช้ในการตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ภาพสี (Color Image/RGB Image)

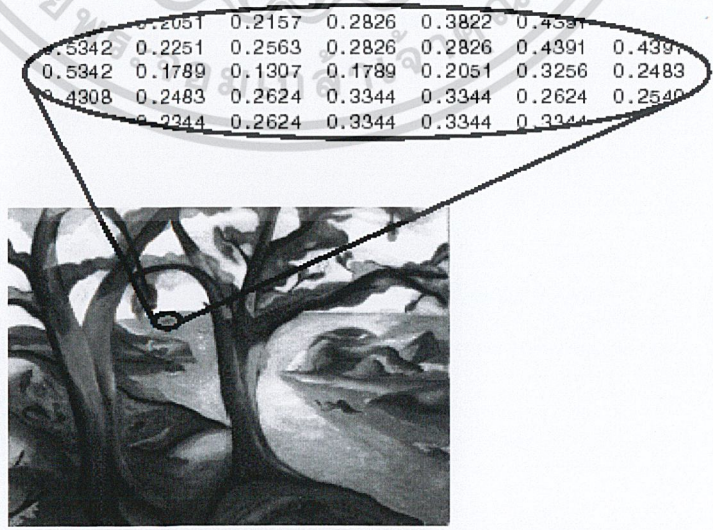
ค่าในแต่ละพิกเซลของภาพสีจะประกอบไปด้วยเวกเตอร์ ที่แสดงค่าของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน สีละ 8 บิต ดังนั้นภาพสี 1 พิกเซล จะประกอบไปด้วยจำนวนบิตทั้งหมด 24 บิต ทำให้ภาพสีมีจำนวนสีที่เป็นไปได้ทั้งหมด 2^{24} สี ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงภาพสีและค่าพิกเซลของภาพสี

2.1.4 ภาพระดับสีเทา (Gray Level Image)

ค่าในแต่ละพิกเซลของภาพระดับสีเทา คือค่าความเข้มของแสง ณ แต่ละตำแหน่งของพิกเซล ซึ่งจะอยู่ในรูปของ Gray level และค่าที่เป็นไปได้ของ Gray level จะขึ้นอยู่กับจำนวน bit ที่ใช้ ตัวอย่างเช่น 8-bit จะมี Gray level 256 ระดับ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงภาพระดับสีเทาและค่าพิกเซลของภาพระดับสีเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ฟังก์ชันคาบ (periodic function)

$f(x)$ เป็นฟังก์ชันคาบ (periodic function) ก็ต่อเมื่อมีจำนวนบวก p ที่ทำให้ $f(x+p) = f(x)$ สำหรับทุก ๆ x เรียก p ว่าเป็นคาบของฟังก์ชัน $f(x)$ กราฟของฟังก์ชันคาบนี้จะสามารถเขียนได้จากการเขียนซ้ำของกราฟของฟังก์ชันในช่วงที่มีความกว้าง p ใดๆ และจากคุณสมบัติความเป็นคาบของฟังก์ชันจะได้ว่า สำหรับจำนวนเต็ม n ใดๆ $f(x+np) = f(x)$ สำหรับทุก ๆ x ด้วย นอกจากนี้ ถ้า $f(x)$ และ $g(x)$ เป็นฟังก์ชันคาบที่มีคาบเป็น p แล้ว จะได้ว่า $h(x) = af(x) + bg(x)$ เมื่อ a และ b เป็นค่าคงที่ใดๆ เป็นฟังก์ชันคาบที่มีคาบเป็น p

2.1.6 อนุกรมฟูรีเยร์ (Fourier Series)

อนุกรมฟูรีเยร์เป็นอนุกรมตรีโกณมิติที่เกิดขึ้นจากการเขียนฟังก์ชันเป็นคาบต่างๆ ให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันไซน์ (sine) และ (cosine) เพื่อความสะดวกในการนำฟังก์ชัน ไปใช้งาน ดังนั้นฟังก์ชันเป็นคาบต่าง ๆ จึงสามารถเขียนแทนด้วยอนุกรมฟูรีเยร์ได้เป็นอย่างดี สำหรับฟังก์ชันเป็นคาบที่ไม่ต่อเนื่องที่อนุกรมเทย์เลอร์ไม่สามารถประมาณค่าได้ก็สามารถเขียนเป็นอนุกรมฟูรีเยร์ได้ นอกจากนี้ฟังก์ชันไม่เป็นคาบบางฟังก์ชันก็สามารถเขียนเป็นอนุกรมฟูรีเยร์ได้เช่นกัน เนื่องจากอนุกรมฟูรีเยร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการแก้สมการเชิงอนุพันธ์ จึงสามารถนำอนุกรมฟูรีเยร์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้สมการเชิงอนุกรมฟูรีเยร์ได้เป็นอย่างดี

2.1.7 อนุกรมฟูรีเยร์ตรีโกณมิติ (Trigonometric Fourier Series)

$f(x)$ เป็นฟังก์ชันคาบที่มีคาบเท่ากับ 2π สามารถเขียน $f(x)$ อยู่ในรูปอนุกรมตรีโกณมิติ

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \tag{2.1}$$

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ a_0 การคำนวณค่าทั้งสองข้างของสมการ (2.1) โดยเทียบกับ x จาก $-\pi$ ถึง π จะได้

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

เนื่องจาก $\int_{-\pi}^{\pi} \cos nx dx$ และ $\int_{-\pi}^{\pi} \sin nx dx$ มีค่าเท่ากับศูนย์ทั้งคู่ และ $\int_{-\pi}^{\pi} dx = 2\pi$ นั่นคือไปใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกฟังก์ชันให้มีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ a_n

สามารถคำนวณได้โดยวิธีที่คล้ายกันกับการหา a_0 ก่อนอื่นคูณทั้งสองข้างของสมการ (2.1) ด้วย $\cos mx$ โดยที่ m เป็นจำนวนเต็มบวกใดๆ จากนั้นคำนวณค่าทั้งสองข้างของสมการ (2.1) โดยเทียบกับ x จาก $-\pi$ ถึง π จะได้

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos mx dx = \int_{-\pi}^{\pi} \left[a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \right] \cos mx dx \quad (2.2)$$

พิจารณาด้านขวามือของสมการ (2.2)

$$a_0 \int_{-\pi}^{\pi} \cos mx dx + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \int_{-\pi}^{\pi} \cos nx \cos mx dx + b_n \int_{-\pi}^{\pi} \sin nx \cos mx dx \right)$$

จะเห็นว่าพจน์แรกมีค่าเท่ากับศูนย์ และจากความสัมพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณจะได้

$$\int_{-\pi}^{\pi} \cos nx \cos mx dx = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \cos(n+m)x dx + \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \cos(n-m)x dx$$

และ

$$\int_{-\pi}^{\pi} \sin nx \cos mx dx = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \sin(n+m)x dx + \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \sin(n-m)x dx$$

มีค่าเท่ากับศูนย์ทุกกรณีเว้นกรณีที่ $n = m$ ที่ทำให้ $\cos(n-m)x = 1$ หรือ

$$\frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \cos(n-m)x dx = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} dx = \pi$$
 ดังนั้นด้านขวามือสมการ (2.2) จะมีค่าเท่ากับ

$$a_m \int_{-\pi}^{\pi} \cos nx \cos mx dx = a_m \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \cos(n-m)x dx$$

$$= a_m \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} dx$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$=a_m \pi$$

นั่นคือจากสมการที่ (2.2) จะได้

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos mx dx = a_m \pi$$

หรือ

$$a_m = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos mx dx, \quad n = 1, 2, \dots$$

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ ค่า b_n

คูณทั้งสองข้างของสมการ (2.1) ด้วย $\sin mx$ โดยที่ m เป็นจำนวนเต็มบวกใดๆ จากนั้นคำนวณค่าทั้งสองข้างของสมการ (2.1) โดยเทียบกับ x จาก $-\pi$ ถึง π จะได้

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin mx dx = \int_{-\pi}^{\pi} \left[a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \right] \sin mx dx \quad (2.3)$$

หลังจากคำนวณค่าแล้วพิจารณาด้านขวามือของสมการ (2.3) เป็น

$$a_0 \int_{-\pi}^{\pi} \sin mx dx + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \int_{-\pi}^{\pi} \cos nx dx + b_n \int_{-\pi}^{\pi} \sin nx \sin mx dx \right)$$

พิจารณาในทำนองเดียวกันกับการคำนวณค่า a_n จะเห็นได้ว่าพจน์แรกและพจน์ที่สองมีค่าตามความสัมพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณ

$$\int_{-\pi}^{\pi} \sin nx \sin mx dx = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \cos(n-m)x dx - \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \cos(n+m)x dx$$

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

$$\int_{-\pi}^{\pi} \sin nx \sin mx dx = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \cos(n-m)x dx$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} dx$$

$$= \pi$$

นั่นคือจากสมการที่ (2.3) จะได้

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin mx dx = b_m \pi$$

หรือ

$$b_m = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin mx dx, \quad n=1,2,\dots$$

ดังนั้นการคำนวณหาสัมประสิทธิ์ของอนุกรมฟูเรียร์สามารถหาได้จาก a_0, a_n และ b_n สามารถเรียกว่าสมการออยเลอร์ (Euler Formulae)

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

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx dx, \quad n=1,2,\dots$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nx dx, \quad n=1,2,\dots$$

หรือเรียกอีกอย่างสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของ $f(x)$ ส่วนอนุกรมตรีโกณมิติ

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$$

a_n และ b_n คือ ค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ (Fourier Coefficients) เป็นค่าที่แสดงคุณสมบัติความถี่ของสัญญาณ โดยสามารถใช้ออนุกรมฟูเรียร์ในการประมาณค่าได้โดยการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ a_n และ b_n ที่ได้จากกรคำนวณโดยการกำหนดจำนวนที่ใช้ในการประมาณค่าฟังก์ชันต้นแบบ

2.2 การตรวจสอบลายนิ้วมือเบื้องต้นจากจุดเกิดเหตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายนิ้วมือ คือ รูปแบบของลายเส้นและร่องรอยที่อยู่บนนิ้ว และถูกใช้สำหรับการระบุบุคคล การที่ลายนิ้วมือมีรูปแบบเฉพาะในแต่ละคน (Individuality) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของลายนิ้วมือนั้น ตั้งแต่เริ่มมีการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ ณ ปัจจุบันจะพบว่าลายนิ้วมือของแต่ละคนนั้นไม่มีทางที่จะซ้ำกันได้ แม้แต่ฝาแฝดก็ตาม ลายนิ้วมือนั้นมีการถ่ายทอดมาจากพันธุกรรมจึงเป็นไปได้ที่คนในครอบครัวเดียวกัน ถึงแม้ว่าลายนิ้วมือจะไม่เหมือนกัน แต่จะมีลักษณะและร่องรอยของลายนิ้วมือที่คล้ายๆกัน ถึงแม้ลายนิ้วมือจะต่างกัน แต่DNAจะยังคงเหมือนกันอยู่

ลายนิ้วมือนั้นจะมีส่วนที่สำคัญที่ประกอบกันขึ้นมาเพื่อเกิดเป็นลายนิ้วมือขึ้นมา มี 2 ส่วนก็คือ ส่วนที่เป็นร่อง (Valleys or Furrows) และส่วนที่เป็นลายนูน (Ridges) ซึ่งประกอบกันขึ้นมาเป็นลายนิ้วมือซึ่งจะมีลักษณะวิ่งวนไปเรื่อยๆสลับกันระหว่างส่วนที่เป็นลายนูนและในส่วนที่เป็นร่อง ลายนิ้วมือนั้นจะมีลักษณะเด่นของแต่ละบุคคลที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งจะประกอบไปด้วย ส่วนที่เป็นจุดกึ่งกลาง และสันคอน รวมทั้งลักษณะที่สำคัญของลายนิ้วมือ (minutiae) ที่สามารถใช้พิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล ซึ่งก็คือจุดปลายของสันลายนิ้วมือ (ridge ending) และจุดแยกของสันลายนิ้วมือ (ridge bifurcation)

2.2.1 ลักษณะเด่นบนลายนิ้วมือ

จุดกึ่งกลาง (Core)

จุดกึ่งกลางจะดูจากเส้นโค้งของลายนูนที่มีลักษณะที่โค้งขึ้นและกำลังจะกลับตัวเป็นเส้นโค้งลงวิ่งสวนกลับเส้นโค้งขึ้นเป็นชั้นๆของวง ซ้อนกันไปเรื่อยๆเป็นลำดับ โดยเริ่มจากเส้นโค้งที่มากที่สุดไปยังเส้นโค้งที่น้อยที่สุด โดยที่จุดกึ่งกลางของลายนิ้วมือนั้นไม่จำเป็นที่จะต้องเป็นลายโค้งก็ได้



รูปที่ 2.6 วงกลมสีแดงแสดงจุดกึ่งกลางของลายนิ้วมือ (core)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
สันคอน (Delta) ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สันดอนของลายนิ้วมือจะดูได้จากเส้นของลายนิ้วมือที่อยู่ใกล้กับทางแยกปากทางแยกของเส้นขอบ



รูปที่ 2.7 วงกลมสีแดงแสดงสันดอนของลายนิ้วมือ (delta)

2.2.2 ชนิดและลักษณะของลายนิ้วมือแบบต่างๆ

รูปแบบของลายนิ้วมือสามารถที่จะแบ่งและจำแนกออกมาได้เป็นกลุ่มและประเภทดังต่อไปนี้

2.2.2.1 กลุ่มโค้งเส้นแนวโค้ง

ลายนิ้วมือของกลุ่มเส้นแนวโค้งจะมีลักษณะที่เส้นของแนวลายนิ้วมือมีลักษณะโค้งไม่ขมเป็นรูปวงกลมอาจมีลักษณะที่เอียงซ้ายหรือเอียงขวาขึ้นอยู่กับตัวบุคคล สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่

กลุ่มโค้งราบ (Plain arch)

จะมีเส้นโค้งที่ต้งต้นจากขอบหนึ่งวิ่งไหลไปอีกข้างหนึ่งโดยที่ไม่มีเส้นพุ่งตรงพุ่งขึ้นจากแนวนอนและไม่เกิดมุมแหลมคม และ ไม่มีจุดสันดอน

กลุ่มโค้งกระโจม (Tented arch)

จะมีลายเส้นหนึ่งหรือมากกว่าตรงกลางไม่ได้วิ่งไปทางด้านไหน จะมีเส้นที่พุ่งขึ้นจากแนวนอนและมีเส้นสองเส้นมาทำให้เกิดมุมแหลมหรือมุมฉาก



รูปที่ 2.8 ทางซ้ายคือ ลายนิ้วมือแบบโค้งระนาบ ทางขวาคือ ลายนิ้วมือแบบโค้งกระโจม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเห็นถึงความแตกต่างของรูปแบบลายนิ้วมือที่เป็นแบบโค้งระนาบและแบบโค้งกระโจม
 จะเป็นได้ว่า แบบโค้งระนาบจะมีเส้นโค้งบนขาดไป ไม่ต้องคลุมเส้นอื่น ซึ่งต่างจากแบบโค้งกระโจมที่จะมี
 จุดกลางของลายนิ้วมือสอดแทรกขึ้นมาและมีเส้นโค้งของลายนิ้วมือมาคลุมเส้นกลางอีกทีซึ่งจะมีรูปแบบ
 คล้ายกับกระโจมหรือบ้านนั่นเอง ถ้าสังเกตในอีกรูปแบบหนึ่งแบบโค้งกระโจมจะมีลักษณะที่เป็น
 สามเหลี่ยมตรงจุดกลางของลายนิ้วมือ ซึ่งต่างจากแบบโค้งราบที่จะมีลักษณะคล้ายกับแบบครึ่งวงกลม หรือ
 ดูจากความสูงของส่วนโค้งก็ได้ ถ้าคຸ້ມกระโจมจะมีความสูงที่มากกว่าแบบโค้งราบ



รูปที่ 2.9 ลายนิ้วมือแบบโค้งราบ (plain arch)



รูปที่ 2.10 ลายนิ้วมือแบบโค้งกระโจม (tented arch)

จากรูปที่ 2.13 และ รูปที่ 2.14 จะเห็นได้ว่ารูปทั้ง 2 รูปที่โดนวงกลมด้วยสีแดงอยู่นั้น จะเห็นความต่าง
 ได้อย่างชัดเจนทั้งสองรูป โดยรูปที่ 2.13 ลายนิ้วมือแบบโค้งราบจะมีลักษณะคล้ายกับครึ่งวงกลม โดยที่จุด
 กึ่งกลางนั้นไม่มีเส้นที่มามีเส้นโค้งเกิดการคลุมตรงจุดกึ่งกลางของรูป แต่รูปที่ 2.14 ลายนิ้วมือแบบโค้ง
 กระโจมนั้นจะมีลักษณะที่คล้ายกับสามเหลี่ยมและจะมีความสูงที่กึ่งกลางมากกว่าแบบโค้งราบ ลายนิ้วมือ
 แบบโค้งกระโจมนั้นตรงจุดกึ่งกลางจะมีเส้น โคดขึ้นมาและเส้นโค้งที่อยู่รอบข้างจะคลุมตรงจุดกึ่งกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 กลุ่มมัดหวาย (Loop)


แบบมัดหวายจะมีลักษณะที่เส้นแนวโค้งวิ่งวนกันเป็นวงกลมไปเรื่อยๆจนเกิดเป็นloop ขึ้นมา สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท ได้แก่ กลุ่มมัดหวายเดี่ยว และกลุ่มมัดหวายคู่

กลุ่มมัดหวายเดี่ยว

คือ เส้นลายนิ้วมือแบบโค้งที่สิ่งซ้อนกันเป็นลำดับ ทำให้เกิดเป็น loop ขึ้น แต่ loop นั้นมีแค่ loop เดี่ยว สามารถที่จะแบ่งออกได้เป็น กลุ่มมัดหวายเอียงซ้าย และ กลุ่มมัดหวายเอียงขวา

กลุ่มมัดหวายเอียงขวา (Right Slant loop)

จะมีลักษณะการวิ่งของเส้น โค้งจากทางด้านซ้ายของนิ้วมือวิ่ง โค้งขึ้นไปทางด้านบนประมาณกลาง นิ้วมือแล้ววิ่งลง โค้งกลับลงมาในทิศทางเดิมที่เส้นวิ่งขึ้นไป จะเห็นได้ว่าสันคอนจะอยู่ตรงบริเวณทางด้านขวา โดยจะเป็นการจับกลุ่มในรูปแบบของมัดหวาย โดยรูปจะเอนเอียงไปทางด้านขวา



รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะของกลุ่มมัดหวายเอียงขวา (right slant loop)

กลุ่มมัดหวายเอียงซ้าย (Left Slant loop)

จะมีลักษณะการวิ่งของเส้น โค้งจากทางด้านขวาของนิ้วมือวิ่ง โค้งขึ้นไปทางด้านบนประมาณกลาง นิ้วมือแล้ววิ่งลง โค้งกลับลงมาในทิศทางเดิมที่เส้นวิ่งขึ้นไป จะเห็นได้ว่าสันคอนจะอยู่ตรงบริเวณทางด้านขวา โดยจะเป็นการจับกลุ่มในรูปแบบของมัดหวาย โดยรูปจะเอนเอียงไปทางด้านขวา



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะของกลุ่มมัดหวายเอียงซ้าย (left slant loop)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับดูงานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มมัดหอยคู่ (Double loop)

เป็นกลุ่มของลายนิ้วมือที่มีการจับกลุ่มแบบมัดหอยเดี่ยวสองกลุ่มมารวมตัวกันเป็นรูปแบบเดียว โดยเส้นโค้งอาจจะมาจากในทิศทางเดียวกันแล้วมารวมตัวกันให้เกิดเป็นลักษณะมัดหอยคู่ โดยกลุ่มของมัดหอยนั้นอาจมีลักษณะโค้งขึ้นและ อีกกลุ่มมีลักษณะโค้งลง เมื่อรวมกันแล้ว ทำให้ไม่สามารถที่จะจำแนกออกได้ว่าเป็นกลุ่มของมัดหอยในรูปแบบลักษณะที่เอียงซ้ายหรือเอียงขวา



รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะของกลุ่มมัดหอยคู่ (double loop)

2.2.2.3 กลุ่มก้นหอย

กลุ่มก้นหอยแบบกระเป๋ากลาง (Central pocket loop whorl)

เป็นกลุ่มของลายนิ้วมือที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งที่วิ่งล้อมไปเป็นรอบๆอย่างมีระเบียบ โดย เริ่มจากวงใหญ่สุดไปยังวงเล็กสุด โดยที่วงเล็กสุดจะอยู่ที่จุดกึ่งกลางของลายนิ้วมือ



รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะของกลุ่มก้นหอยแบบกระเป๋ากลาง (central pocket loop whorl)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มก้นหอยแบบกระเป๋ากลาง (Lateral pocket loop)

เป็นกลุ่มของลายนิ้วมือที่มีลักษณะเป็นแบบลายมัดหวายคู่แต่จะมีสันตอนอยู่ทางข้างเดียวกัน



รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะของกลุ่มก้นหอยแบบกระเป๋ากลาง (Lateral pocket loop)

กลุ่มแบบซับซ็อน (Accidental whorl)

เป็นกลุ่มของลายนิ้วมือที่มีลักษณะเป็นแบบผสมกันของลายนิ้วมือในรูปแบบต่างๆ ไม่สามารถที่จะจำแนกได้ว่าเป็นลายนิ้วมือแบบใด



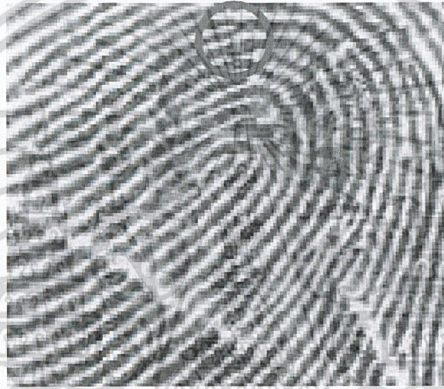
รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะของกลุ่มก้นกลุ่มแบบซับซ็อน (Accidental whorl)

2.2.3 ลักษณะสำคัญของลายนิ้วมือ (minutiae)

ลักษณะที่สำคัญของลายนิ้วมือ (Minutiae) ที่แต่ละคนนั้นไม่สามารถที่จะเหมือนกันได้ และสามารถ
ใช้พิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล มี 2 ประเภท ซึ่งก็คือจุดปลายของสันลายนิ้วมือ (ridge ending) และจุดแยกของ
สันลายนิ้วมือ (ridge bifurcation)

จุดปลายของสันลายนิ้วมือ (Ridge ending)

จุดปลายของสันลายนิ้วมือเป็นจุดที่แสดงเส้นของลายนิ้วมือไม่มีการเชื่อมต่อกับเส้นอื่นของ
ลายนิ้วมือ หรือเรียกได้ว่าเป็นจุดสิ้นสุดของลายนิ้วมือนั้น



รูปที่ 2.17 วงกลมสีแดงแสดงปลายของสันลายนิ้วมือ (Ridge ending)

จุดแยกของสันลายนิ้วมือ (Ridge bifurcation)

จุดแยกของสันลายนิ้วมือเป็นจุดที่แสดงเส้นของลายนิ้วมือที่แยกออกจากกันจากจากเส้นหนึ่งเส้นก็
แยกกันออกมา หรือเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่าเป็นจุดแยกของเส้นลายนิ้วมือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 2.18 วงกลมสีแดงแสดงจุดแยกของสันลายนิ้วมือ (ridge bifurcation) โยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 การปรับปรุงภาพเบื้องต้น (Normalization)

การปรับปรุงคุณภาพของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงภาพที่มีความสว่าง หรือมืดจนเกินไป หรือภาพที่ไม่มีความชัดเจน ให้ได้ภาพที่มีความสมบูรณ์และคมชัดมากขึ้น โดยวิธีที่นำมาใช้ในการปรับปรุงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือคือ Linear Min/Max scaling ดังสมการ

$$J = (I(x, y) + a) \times b \quad (2.4)$$

ซึ่ง $a = -\min$ (2.5)

$$b = 255 / (\max - \min) \quad (2.6)$$

โดย $I(x, y)$ คือ ค่าระดับความเข้มเทาเดิมของภาพ

J คือ ค่าระดับความเข้มเทาใหม่ของภาพ

\min คือ ค่าระดับความเข้มเทาต่ำที่สุดของภาพเดิม

\max คือ ค่าระดับความเข้มเทาสูงที่สุดของภาพเดิม

2.2.5 ตัวกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian Filter)

ตัวกรองแบบเกาส์เซียนเป็นประเภทตัวกรองแบบความถี่ต่ำ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ในมาร์คแบบเกาส์เซียนจะถูกออกแบบให้มีความสอดคล้องกับสมการของเกาส์เซียนฟังก์ชันแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Gaussian distribution) ดังสมการที่ 2.7

$$g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (2.7)$$

โดย σ^2 คือ ค่าความแปรปรวน

$g(x, y)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของเกาส์เซียนแบบไม่ต่อเนื่อง

(x, y) คือ ขนาดของมาร์คแบบเกาส์เซียน

0.0049	0.0092	0.0134	0.0152	0.0134	0.0092	0.0049
0.0092	0.0172	0.0250	0.0283	0.0250	0.0172	0.0092
0.0134	0.0250	0.0364	0.0412	0.0364	0.0250	0.0134
0.0152	0.0283	0.0412	0.0467	0.0412	0.0283	0.0152
0.0134	0.0250	0.0364	0.0412	0.0364	0.0250	0.0134
0.0092	0.0172	0.0250	0.0283	0.0250	0.0172	0.0092
0.0049	0.0092	0.0134	0.0152	0.0134	0.0092	0.0049

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลงนามในชื่อมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ตารางที่ 2.1 มาร์คแบบเกาส์เซียนที่มีขนาด (7, 7) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) มีค่าเท่ากับ 2 เป็น

2.2.6 การหาทิศทางของภาพ

การหาทิศทางของภาพจุดประสงค์เพื่อที่จะแสดงถึงลักษณะที่สำคัญของลายนิ้วมือและการกำหนดตำแหน่งของจุด Core Point ของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ ซึ่งเปรียบได้กับจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ โดยมีขั้นตอนการหาทิศทางของภาพดังนี้

2.2.6.1 การหาอนุพันธ์ของภาพอันดับที่ 1

หาอนุพันธ์ของภาพเพื่อที่จะหาการเปลี่ยนแปลงของค่าระดับความเข้มเทาของภาพซึ่งเมื่อพิจารณาภาพระดับความเข้มสีเทาแบบ 2 มิติ ในการหาค่าอนุพันธ์ทางด้านแนวแถว (Row) และค่าอนุพันธ์ทางด้านแนวหลัก (columns) สามารถหาได้จากการหาค่าเกรเดียนตามสมการที่ 2.8

$$\nabla g = \frac{\partial g}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial g}{\partial y} \hat{j} \quad (2.8)$$

โดย ∇g คือ ค่าเกรเดียนของมาร์ค Gaussian filter

$\frac{\partial g}{\partial x}$ คือ ค่าเกรเดียนเวกเตอร์ทางด้านแนวแถว

$\frac{\partial g}{\partial y}$ คือ ค่าเกรเดียนเวกเตอร์ทางด้านแนวหลัก

ผลลัพธ์ที่ได้คือค่าเกรเดียนทางด้านแนวแถว และ ค่าเกรเดียนทางด้านแนวหลัก ไปทำวิธี Convolution กับภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ ซึ่งสามารถหาแทนค่าดังสมการที่ 2.9 และ 2.10

$$G_x = \sum_{s=-3}^3 \sum_{t=-3}^3 \frac{\partial g}{\partial x}(s,t) J(i+s, j+t) \quad (2.9)$$

$$G_y = \sum_{s=-3}^3 \sum_{t=-3}^3 \frac{\partial g}{\partial y}(s,t) J(i+s, j+t) \quad (2.10)$$

โดย G_x คือ ภาพที่ผ่านการ Convolution จากมาร์คเกรเดียนทางด้านแนวแถว

G_y คือ ภาพที่ผ่านการ Convolution จากมาร์คเกรเดียนทางด้านแนวหลัก

J คือ ภาพลายนิ้วมือที่ผ่านการปรับปรุงภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6.2 การหาสนามทิศทางของภาพ

การหาสนามทิศทางของภาพเพื่อหาทิศทางการไหลของระดับความเข้มเทาสามารถทำได้จากการประมาณค่าความหักเหของแต่ละบล็อกที่ตรงกลางของพิกัด โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$A = \sum_{(u,v) \in W} G_x^2(u,v) \quad (2.11)$$

$$B = \sum_{(u,v) \in W} G_y^2(u,v) \quad (2.12)$$

$$C = \sum_{(u,v) \in W} G_x(u,v)G_y(u,v) \quad (2.13)$$

$$\theta(i,j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2C}{(A-B)} \quad (2.14)$$

โดย W คือ จำนวนบล็อกขนาด $w \times w$

(u, v) คือ พิกัดของบล็อก

G_x คือ ค่าเกรเดียนทางด้านแนวแถว

G_y คือ ค่าเกรเดียนทางด้านแนวหลัก

$\theta(i, j)$ คือ การประมาณทิศทางของพิกเซล (i, j) ของบล็อก

ทำการกำจัดสัญญาณรบกวนในรูป และแสดงความหักเหของเส้นลายนิ้วมือ โดยทำการแปลงความหักเหของเส้นลายนิ้วมือให้เป็น Continuous Vector Field จากสมการ ดังต่อไปนี้

$$\Phi_x(i, j) = \cos(2\theta(i, j)) \quad (2.15)$$

$$\Phi_y(i, j) = \sin(2\theta(i, j)) \quad (2.16)$$

โดย Φ_x คือ เวกเตอร์ในแกน x

Φ_y คือ เวกเตอร์ในแกน y

แล้วทำ Low-pass filtering โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$\Phi'_x(i, j) = \sum_{u=-\frac{w_\Phi}{2}}^{\frac{w_\Phi}{2}} \sum_{v=-\frac{w_\Phi}{2}}^{\frac{w_\Phi}{2}} g(u, v) \Phi_x(i - uw, j - vw) \quad (2.17)$$

$$\Phi'_y(i, j) = \sum_{u=-\frac{w_\Phi}{2}}^{\frac{w_\Phi}{2}} \sum_{v=-\frac{w_\Phi}{2}}^{\frac{w_\Phi}{2}} g(u, v) \Phi_y(i - uw, j - vw) \quad (2.18)$$

โดย $g(u, v)$ คือ ตัวกรองแบบความถี่ต่ำ (Low-pass filter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\theta'(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\Phi'_x(i, j)}{\Phi'_y(i, j)} \quad (2.19)$$

โดย $\theta'(i, j)$ คือ การประมาณทิศทางของพิกเซล (i, j) ของบล็อกที่ผ่านการทำ

Continuous Vector Field

2.2.7 การหาตำแหน่งจุดอ้างอิง

หาตำแหน่งจุดอ้างอิงเพื่อหาจุด Core Point ของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือได้จากภาพที่มีพิกัด (x, y) ที่เก็บพิกัดของภาพที่มีค่าระดับความเข้มสีเทามากกว่า 100 ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$SUM_X = \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.20)$$

$$SUM_Y = \sum_{i=1}^n y_i \quad (2.21)$$

โดย x_i คือ ค่าพิกัดของภาพแกน x ที่มีค่าระดับความเข้มสีเทามากกว่า 100 ตำแหน่งที่ i

y_i คือ ค่าพิกัดของภาพแกน y ที่มีค่าระดับความเข้มสีเทามากกว่า 100 ตำแหน่งที่ i

SUM_X คือ ผลรวมของค่า x_i

SUM_Y คือ ผลรวมของค่า y_i

$$Y_{center} = \frac{SUM_X}{count} \quad \text{จากนั้นนับตำแหน่งภาพที่มีค่าระดับความเข้มสีเทามากกว่า 100 ได้จากสมการ}$$

$$count = count(i) \quad (2.22)$$

โดย $count$ คือ จำนวนตำแหน่งภาพที่มีค่าระดับความเข้มสีเทามากกว่า 100

จากนั้นหาค่าพิกัดของจุดกึ่งกลางภาพได้โดยสมการ

$$X_{center} = \frac{SUM_X}{count} \quad (2.23)$$

$$Y_{center} = \frac{SUM_Y}{count} \quad (2.24)$$

โดย X_{center} คือ พิกัดแกน x ของจุดกึ่งกลางภาพ

Y_{center} คือ พิกัดแกน y ของจุดกึ่งกลางภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.8 การหาวงกลม

หาวงกลมสามารถหาได้โดยพิจารณาในระนาบ $x-y$ ของระบบพิกัดคาร์ทีเซียน รูปวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่พิกัด (a, b) และมีรัศมีเท่ากับ r หน่วย คือเซตของจุดทุกจุดบน (x, y) ดังสมการ

$$r = \sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2} \quad (2.25)$$

โดย r คือ รัศมีของวงกลม

(a, b) คือ พิกัดจุดศูนย์กลางของวงกลม

(x, y) คือ พิกัดใดๆที่มีจุดศูนย์กลางที่พิกัด (a, b) และมีรัศมีเท่ากับ r หน่วย



รูปที่ 2.20 รูปวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่พิกัด $(0, 0)$ และมีรัศมี $r = 50$

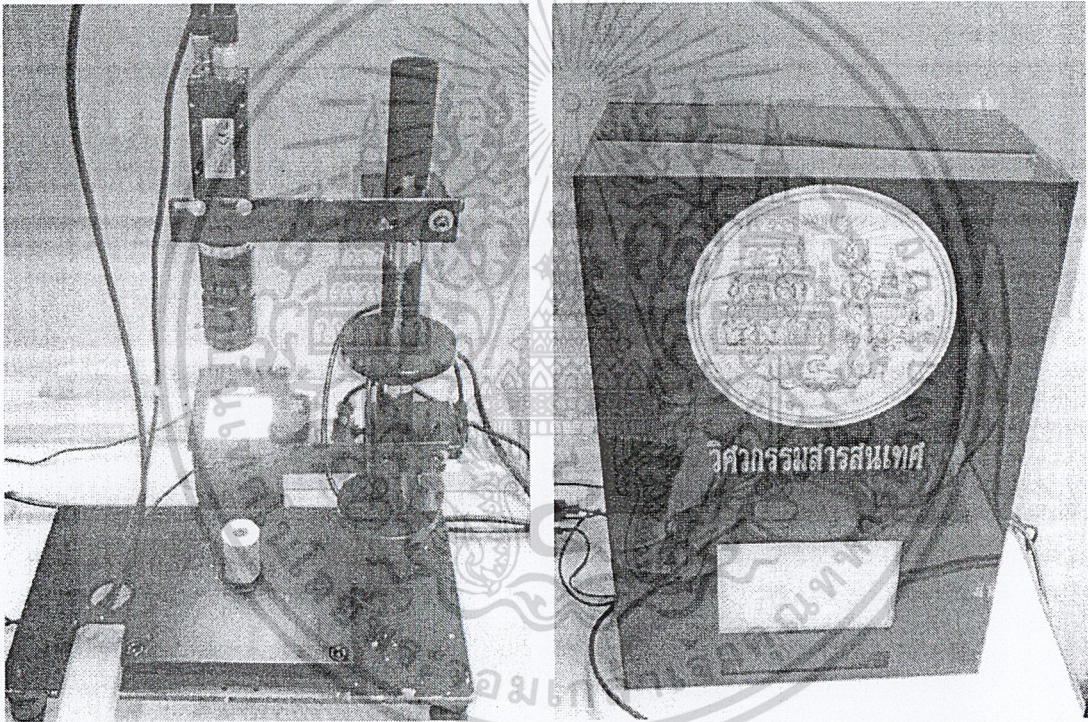
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบระบบและวิธีการทดลอง

3.1 ขั้นตอนการประมวลผลของการตรวจสอบปิ่นจากปลอกกระสุนปืน

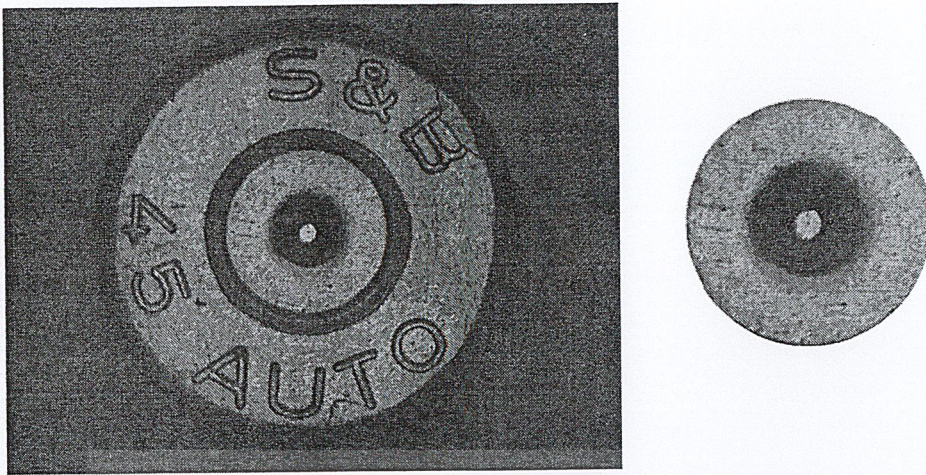
ภาพที่ได้จากงานถ่ายภาพของปลอกกระสุนปืนในปริศยานิพนธ์ฉบับนี้ได้มาจากการใช้กล้องถ่ายภาพที่ถูกแปลงให้เป็นภาพแบบดิจิทัล โดยมีการควบคุมอุปกรณ์ส่องสว่าง ตำแหน่งของปลอกกระสุนปืนและตำแหน่งของกล้องที่คงที่ การถ่ายภาพจะต้องถ่ายในที่มืดที่บัพไม่มีแสงสว่างจากภายนอก ผู้ทำจึงทำกล่องอะคริลิก ที่ควบคุมอุปกรณ์ทั้งหมดเพื่อป้องกันแสงสว่างจากภายนอก



รูปที่ 3.1 แสดงภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพงานท้ายของปลอกกระสุนปืน

ผู้จัดทำจะนำรอยที่เกิดจากเข็มแทงชนวนและรอยที่เกิดจากการกระแทกเป็นปิดท้ายรังเพลิงของอาวุธปืน (breach face) บนงานท้ายของปลอกกระสุนปืนในบริเวณจอกเก็บมาใช้ในการตรวจสอบเปรียบเทียบ ซึ่งสามารถแสดงภาพของปลอกกระสุนปืนได้ ดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงภาพงานถ่ายของปลอกกระสุนปืนและบริเวณที่ใช้ในการตรวจสอบ

3.1.1 การแปลงภาพสี (Color Image/RGB Image) เป็นภาพระดับสีเทา (Gray Level Images)

เนื่องจากภาพสีไม่มีผลต่อลักษณะเด่นและเพื่อลดความทับซ้อนของข้อมูลจึงทำการแปลงภาพสีเป็นภาพระดับสีเทา ซึ่งสามารถทำได้โดยแยกระดับสีแต่ละพิกเซลออกจากกันในรูปแบบสี RGB จากนั้นนำค่าสี RGB มาเข้าสู่สมการเพื่อคำนวณหาค่าสีเทาและนำค่าที่ได้ไปแทนที่จุดพิกเซลเดิม สามารถคำนวณได้ดังสมการ 3.1

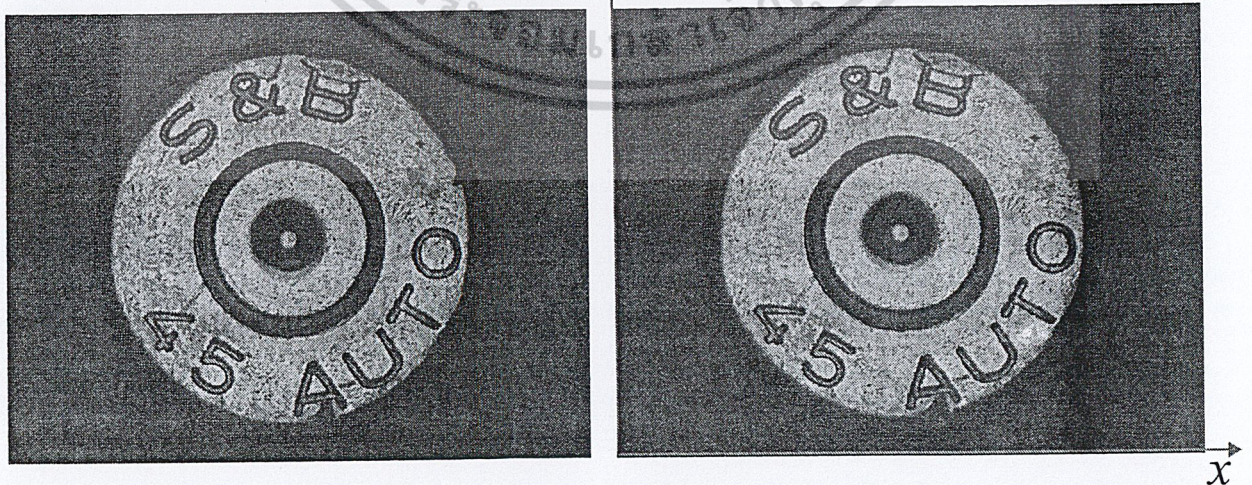
$$Gray = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (3.1)$$

โดยที่ Gray = ค่าความเข้มของสีเทาโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255

R = ค่าความเข้มของสีแดงโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255

G = ค่าความเข้มของสีเขียวโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255

B = ค่าความเข้มของสีน้ำเงินโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255



รูปที่ 3.3 แสดงภาพงานถ่ายของปลอกกระสุนปืนที่เป็นภาพสีและภาพระดับความเข้มเทา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 ภาพงานท้ายของปลอกกระสุนปืนในระดับความเข้มเทา ซึ่งสามารถแสดงภาพของปลอกกระสุนปืนได้โดยใช้ฟังก์ชันต่อเนื่องแบบ 2 มิติในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน

$$f(x,y) = F(n,m) \quad (3.2)$$

โดยที่ $F(n,m)$ คือ ค่าระดับสีเทาที่ตำแหน่ง (n,m) $n = 1,2,\dots, i$ และ $m = 1,2,\dots, j$
 i คือ ขนาดความกว้างของภาพและ j คือ ความยาวของภาพที่มีค่าเป็นจำนวนเต็ม

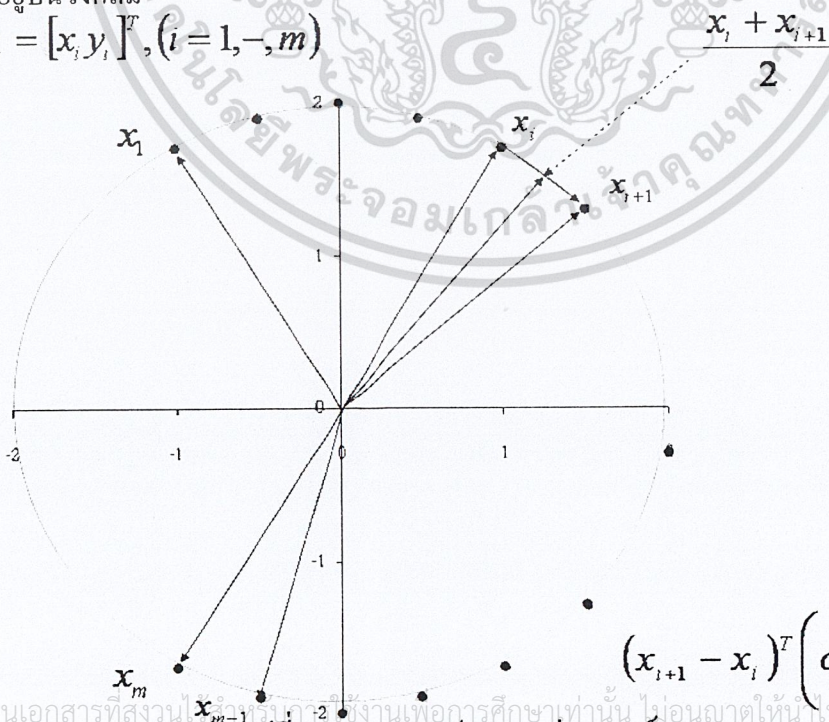
3.1.2 การประมาณค่าศูนย์กลางของวงกลม

เนื่องจากในที่นี่จะพิจารณาเฉพาะบริเวณรอยที่เกิดจากเข็มแทงชนวนของปลอกกระสุนปืนและรอยที่เกิดจากการกระแทกเป็นปัดท้ายรังเพลิงของอาวุธปืน จึงต้องทำการแยกวัตถุบริเวณที่จะนำมาพิจารณาก่อนที่จะนำไปสู่ขั้นตอนกระบวนการในการตรวจสอบ โดยจะทำการหาจุดรอบบริเวณขอบของงานท้ายของปลอกกระสุนปืน เพื่อหาจุดศูนย์กลางบริเวณงานท้ายของปลอกกระสุนปืนแล้วนำมาพิจารณากำหนดความยาวของรัศมีในการแยกวัตถุบริเวณที่จะพิจารณาตรงบริเวณร่องรอยที่เกิดจากเข็มแทงชนวน

การแสดงการประมาณค่าจุดศูนย์กลางของวงกลม (C) จุดที่อยู่บนวงกลม (x_i) และจุดถัดไป

(x_{i+1}) ที่อยู่บนวงกลม

$$x_i = [x_i, y_i]^T, (i = 1, \dots, m)$$



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 3.4 แสดงการประมาณค่าจุดศูนย์กลางวงกลม

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อค่า \mathbf{c} เป็นเวกเตอร์แสดงจุดศูนย์กลางของวงกลมและค่า \mathbf{x}_i เป็นจุดบนบริเวณรอบวงกลม

$$\mathbf{c} = \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \end{pmatrix}, \mathbf{x}_i = \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix} \text{ และ } \mathbf{x}_{i+1} = \begin{pmatrix} x_{i+1} \\ y_{i+1} \end{pmatrix} \quad (3.3)$$

เมื่อเวกเตอร์สองเวกเตอร์ได้แก่เวกเตอร์ $\mathbf{c} - \frac{\mathbf{x}_{i+1} + \mathbf{x}_i}{2}$ และเวกเตอร์ $\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i$ มีลักษณะที่ตั้งฉากกัน เมื่อ

นำเวกเตอร์ทั้งสองมาคูณกันจะมีค่าเป็นศูนย์ ดังแสดงได้จากสมการที่ 3.4

$$\left(\mathbf{c} - \frac{\mathbf{x}_{i+1} + \mathbf{x}_i}{2} \right)^T (\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i) = 0 \quad (3.4)$$

โดยที่เวกเตอร์ \mathbf{x}^T เป็นค่าสลับเปลี่ยนของเวกเตอร์ \mathbf{x} ที่ได้จากสมการที่ (3.1) สามารถเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$(\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i)^T \mathbf{c} = \frac{1}{2} (\mathbf{x}_{i+1} + \mathbf{x}_i) \quad (3.5)$$

กำหนดให้จุดที่อยู่บนบริเวณวงกลมมีทั้งหมด m จุดได้แก่จุดที่ $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$ และจุดถัดไปตามสมการต่อไป

$$\begin{bmatrix} (\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1)^T \\ (\mathbf{x}_3 - \mathbf{x}_2)^T \\ \vdots \\ (\mathbf{x}_m - \mathbf{x}_{m-1})^T \end{bmatrix} \mathbf{c} = \frac{1}{2} (\|\mathbf{x}_{i+1}\|^2 - \|\mathbf{x}_i\|^2) \quad (3.6)$$

หรือ
$$\mathbf{A}\mathbf{c} = \mathbf{b} \quad (3.7)$$

โดยกำหนดให้ค่าเวกเตอร์ \mathbf{A} และเวกเตอร์ \mathbf{b} มีค่าเป็น

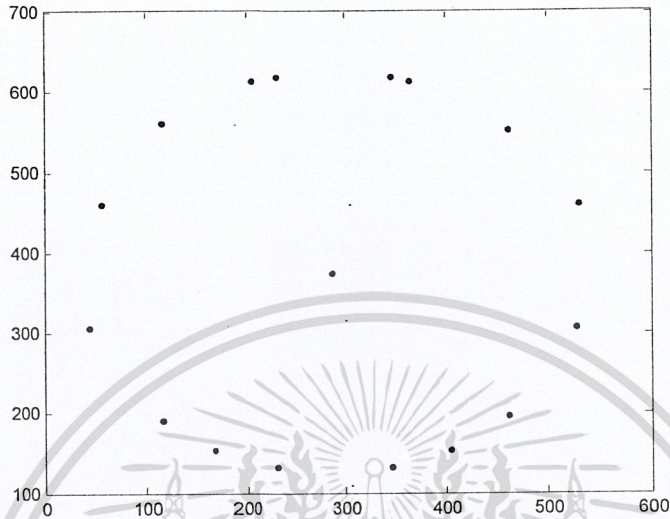
$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} (\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1)^T \\ (\mathbf{x}_3 - \mathbf{x}_2)^T \\ \vdots \\ (\mathbf{x}_m - \mathbf{x}_{m-1})^T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 \\ x_3 - x_2 & y_3 - y_2 \\ \vdots & \vdots \\ x_m - x_{m-1} & y_m - y_{m-1} \end{pmatrix}, \mathbf{b} = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_{m-1} \end{pmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

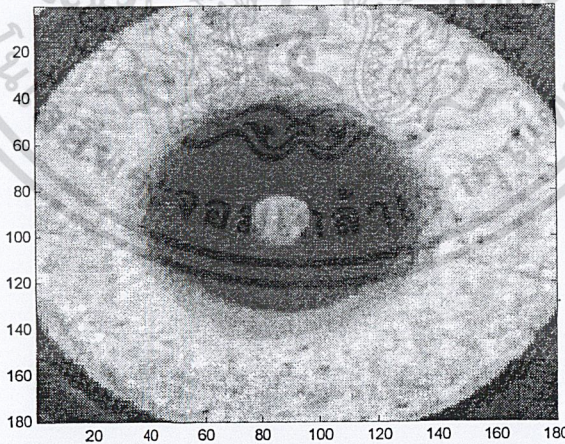
$$b_i = \|\mathbf{x}_{i+1}\|^2 - \|\mathbf{x}_i\|^2 = (x_{i+1}^2 + y_{i+1}^2) - (x_i^2 + y_i^2)$$
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ข้อมูลเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจุดศูนย์กลางของวงกลม (C) สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$\mathbf{C} = \frac{1}{2} (A^T A)^{-1} A^T \mathbf{b} \quad (3.8)$$



รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างการหาจุดบริเวณของงานท้ายปลอกกระสุนปืน และจุดศูนย์กลางที่ได้
จากรูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างการหาจุดบริเวณของงานท้ายปลอกกระสุนปืน เพื่อคำนวณค่าจุด
ศูนย์กลาง เมื่อได้ค่าจุดศูนย์กลางแล้วจะทำการกำหนดรัศมีเพื่อที่จะตัดเพียงแค่บริเวณจอกแก้วของภาพงาน
ท้ายของปลอกกระสุนปืน ซึ่งรัศมีที่ใช้มีค่าเท่ากับ 90



รูปที่ 3.6 แสดงภาพจอกแก้วของปลอกกระสุนปืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การแปลงพิกัดฉาก (Cartesian Coordinates) เป็นพิกัดเชิงขั้ว (Polar Coordinates)

เนื่องจากภาพที่ใช้เป็นภาพในส่วนจอกแก้วของพลอกกระสุนปืน มีลักษณะเป็นวงกลม ซึ่งการวิเคราะห์จะทำได้ยากเพราะภาพที่ได้นั้นจะมีการหมุนไป เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ภาพในส่วนที่เป็นจอกแก้วของพลอกกระสุนปืนได้และมีคุณสมบัติไม่เปลี่ยนแปลงตามการหมุนของพลอกกระสุนปืนในขั้นแรกจะทำการแปลงภาพจากพิกัดฉาก(Cartesian coordinate) ให้เป็นพิกัดเชิงขั้ว (Polar coordinate) โดยความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดฉากกับพิกัดเชิงขั้วสามารถแสดงได้ดังสมการ

$$x = r \cos \theta \quad (3.9)$$

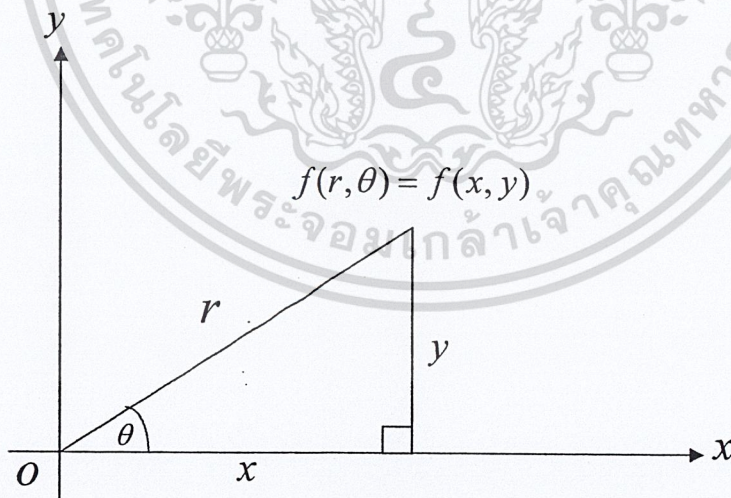
$$y = r \sin \theta \quad (3.10)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (3.11)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y}{x} \quad (3.12)$$

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

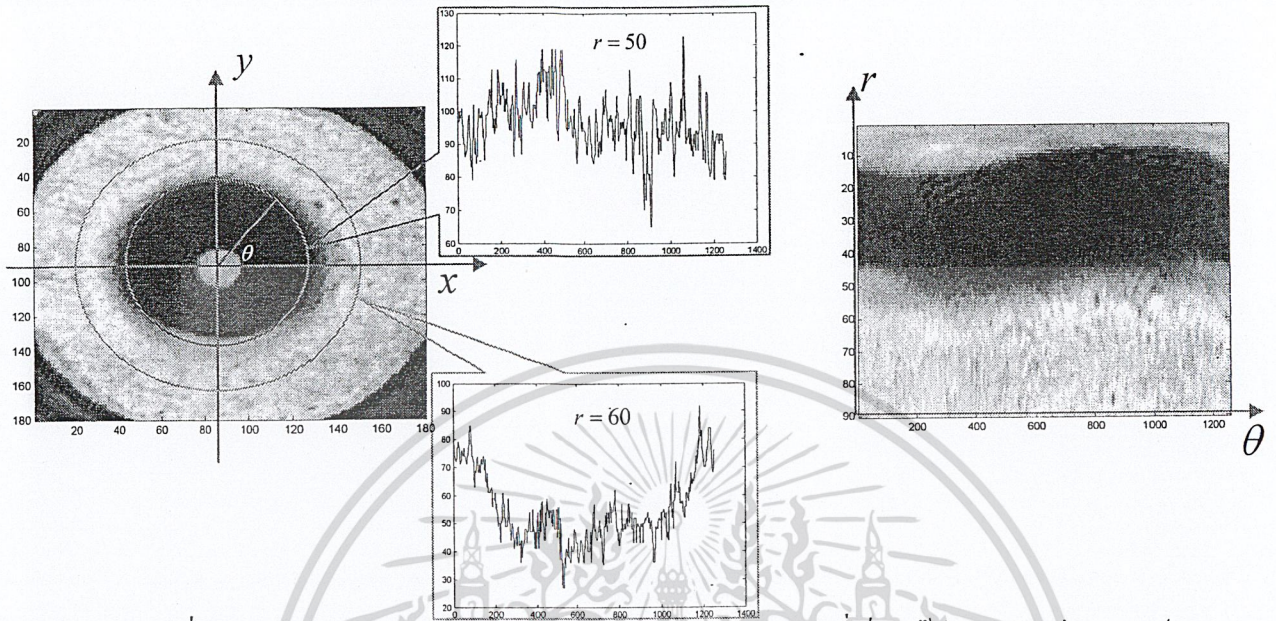
จากสมการข้างต้นสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 3.7 โดยกำหนดให้ขั้วของระบบพิกัดเชิงขั้วและจุดกำเนิดของพิกัดฉากเป็นจุดเดียวกัน และแกนเชิงขั้วของระบบพิกัดเชิงขั้วทับกับแกนคือ ด้านบวก โดยที่ $f(x, y)$ ของระบบพิกัดฉาก $f(r, \theta)$ รูปที่ 3.8 แสดงตัวอย่างการแปลงระบบพิกัดฉากไปเป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว



รูปที่ 3.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดฉากกับพิกัดเชิงขั้ว

ซึ่งสามารถแปลงระบบพิกัดฉาก เป็นระบบพิกัดเชิงขั้วได้ในรูปของ $\hat{f}(r, \theta)$ โดยที่

$$\hat{f}(r, \theta) = \hat{f}(r \cos \theta, r \sin \theta) \quad (3.13)$$



รูปที่ 3.8 แสดงตัวอย่างการพิจารณาค่าระดับสีเทาของภาพส่วนที่เป็นแก้ว และตัวอย่างการแปลงระบบพิกัดฉากเป็นพิกัดเชิงขั้ว

3.1.4 การประมาณค่าด้วยฟูเรียร์ (Fourier Approximation)

ถึงแม้ว่าจะกำหนดตำแหน่งการถ่ายภาพของปลอกกระสุนปืนให้คงที่ แต่ในความเป็นจริงจะไม่สามารถควบคุมการหมุนของปลอกกระสุนปืนให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกันได้ จากสาเหตุนี้จึงทำให้ภาพถ่ายของปลอกกระสุนปืนชนิดเดียวกันเมื่อหมุนไปในองศาที่ต่างกันจะมีความแตกต่างกัน เพื่อที่จะได้มาของคุณสมบัติที่อยู่ในรูปของฟังก์ชันคาบโดยไม่เปลี่ยนแปลงตามการหมุน จึงตั้งสมมติฐานว่า $\hat{f}(r_k, \theta)$ เป็นฟังก์ชันคาบและสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของอนุกรมฟูเรียร์ได้ดังนี้

$$\hat{f}(r_k, \theta) = \sum_{m=-M}^M a_m^{(k)} e^{jm\theta} \quad (3.14)$$

โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์

$$a_m^{(k)} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \hat{f}(r_k, \theta) e^{-jm\theta} d\theta \quad (3.15)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อพิสูจน์ว่าปลอกกระสุนปืนมีคุณสมบัติไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อปลอกกระสุนปืนหมุนเปลี่ยนองศาไป จึงให้

$$\hat{g}(r_k, \theta) = \hat{f}(r_k, \theta + \alpha) \quad (3.16)$$

$$b_m^{(k)} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \hat{f}(r_k, \theta) e^{-jm\theta} e^{-jm\alpha} d\theta \quad (3.17)$$

จากสมการที่(2.19) จะได้

$$\left| b_m^{(k)} \right| = \left| a_m^{(k)} \right| \left| e^{-jm\theta} \right| \quad (3.18)$$

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

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

$$= \sqrt{1}$$

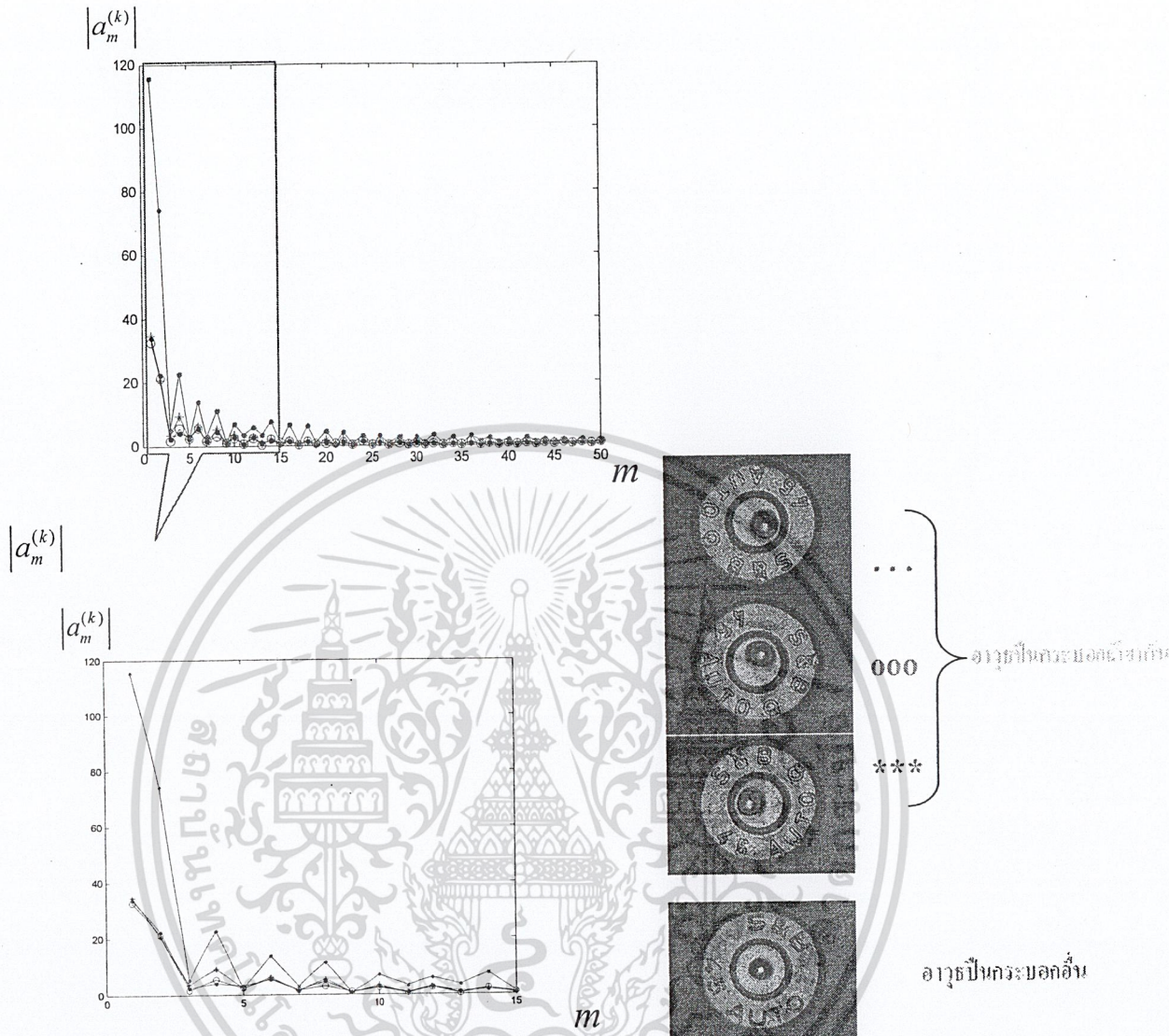
$$= 1$$

ดังนั้น

$$u_m^{(k)} = \left| b_m^{(k)} \right| = \left| a_m^{(k)} \right| \left| 1 \right| \quad (3.19)$$

จากสมการที่3.19 แสดงให้เห็นว่าค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์จะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อปลอกกระสุนปืนหมุนเปลี่ยนองศาไป

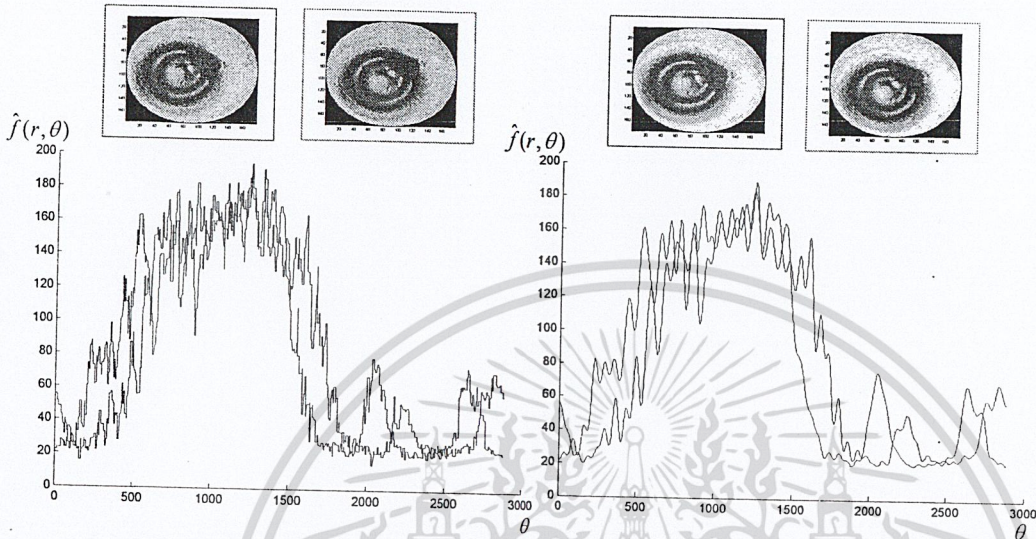
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 $|a_m^{(k)}|$ ที่ได้มาจากปลอกกระสุนปืนที่มาจากปืนกระบอกเดียวกันและที่มาจากปืนคนละกระบอกที่ถูกหมุนไปด้วยองศาที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังสามารถใช้การประมาณค่าฟูเรียร์ในการช่วยลดความเบี่ยงเบนที่เกิดจากการใช้วัสดุที่แตกต่างกันในการผลิตปลอกกระสุนปืน โดยกำหนดจำนวนของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่เหมาะสม ประสิทธิภาพการประมาณค่าฟูเรียร์ในการลดความแตกต่างที่เกิดจากวัสดุที่ใช้ผลิตจอกเก็บของปลอกกระสุนปืนแสดงได้ในรูปที่ 3.9



(ก) แสดงค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่ได้จาก ปลอกกระสุนปืนต้นฉบับ (ข) แสดงการประมาณของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่ได้จากภาพ (ก) ที่ ค่า $M=50$
รูปที่ 3.10 แสดงภาพการประมาณค่าของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์จากภาพต้นฉบับ

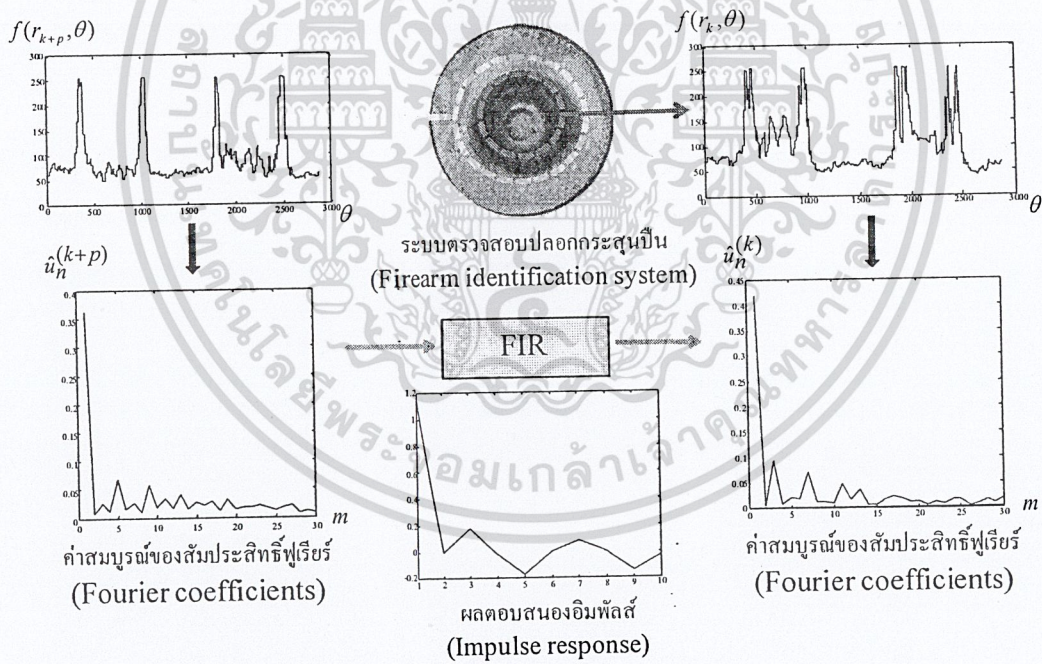
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 ระบบผลตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัด (Finite Impulse Response System)

ในหัวข้อนี้กล่าวถึงการดึงคุณสมบัติที่สำคัญ (Feature Extraction) ที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามการหมุนของปลอกกระสุนปืนแต่ละปลอก โดยจะพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับสีเทาของภาพถ่ายงานท้ายปลอกกระสุนปืนที่อยู่บนวงกลมที่มีรัศมีที่แตกต่างกัน เป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการนำมาทำการตรวจสอบอาวุธปืน ซึ่งเราพิจารณาว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงได้โดยใช้ระบบผลตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัดที่มีค่าสมบรูณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่คำนวณได้จากรัศมีที่ต่างกันเป็นอินพุตและเอาต์พุตตามลำดับสามารถแสดงระบบผลตอบสนองอิมพัลส์ดังกล่าวได้ตามดังนี้

$$\hat{u}_n^{(k+p)} = \sum_{m=0}^L h_m^{(k+p,k)} u_{n-m}^{(k)} \quad (3.20)$$

โดยที่ $(n = 0, 1, \dots, M), (k = 0, 1, \dots, K - p)$

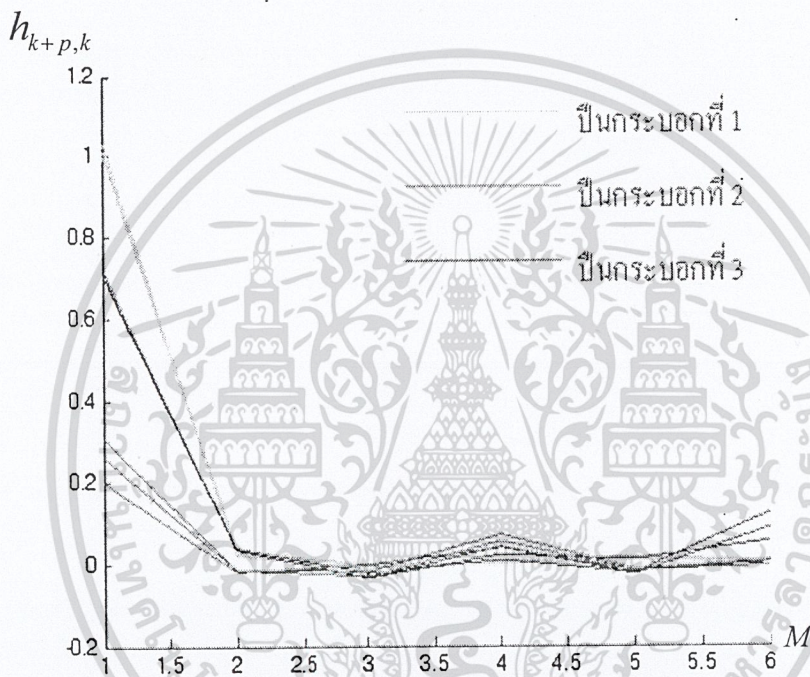


รูปที่ 3.11 แสดงระบบผลตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัดที่มีค่าสมบรูณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่คำนวณได้จากรัศมีที่ต่างกันเป็นอินพุตและเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $h_m^{(k+p,k)}$ เป็นผลตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัดและ $u_n^{(k)}, \hat{u}_n^{(k+p)}$ เป็นค่าสมบูรณซ์ของ สัมประสิทธิ์ฟูเรียร์บนวงกลมที่รัศมีแตกต่างกันโดยใช้เป็นอินพุทและเอาต์พุทของระบบผลตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัดตามลำดับ ผลตอบสนองอิมพัลส์ $h_m^{(k+p,k)}$ สามารถคำนวณได้จากค่าต่ำสุดของค่า ผิดพลาดกำลังสอง (least-square error)

$$E = \sum_{n=0}^M (u_n^{(k+p)} - \sum_{m=0}^L h_m^{(k+p,k)} u_{n-m}^{(k)})^2 \rightarrow \min \quad (3.21)$$



รูปที่ 3.12 แสดงผลตอบสนองอิมพัลส์ที่คำนวณได้จากปลอกกระสุนปืนขนาด 11 มม. ที่ยิงมาจากปืน กระบอกเดียวกันที่หมุนไปด้วยองศาที่แตกต่างกันและที่ยิงมาจากปืนคนละกระบอก

จะเห็นได้ว่าผลตอบสนองอิมพัลส์ ที่คำนวณได้จากปลอกกระสุนปืนที่ยิงมาจากปืนกระบอก เดียวกันจะมีค่าใกล้เคียงกันและจะมีค่าแตกต่างกันกับค่าที่คำนวณได้จากปลอกกระสุนปืนที่ยิงมาจากปืนคน ละกระบอก ดังนั้นสามารถพิจารณาได้ว่าผลตอบสนองอิมพัลส์เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของอาวุธปืนแต่ละ กระบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 การวัดระยะแบบยูคลิด (Euclidean distance)

การวัดระยะแบบยูคลิด คือ วิธีการวัดระยะทางระหว่างจุด 2 จุดบนระนาบ ถ้ากำหนดให้

$u = (x_1, y_1)$ และ $v = (x_2, y_2)$ เป็นจุด 2 จุดบนระนาบ การวัดระยะแบบยูคลิด สามารถแสดงได้ดังสมการที่

2.15

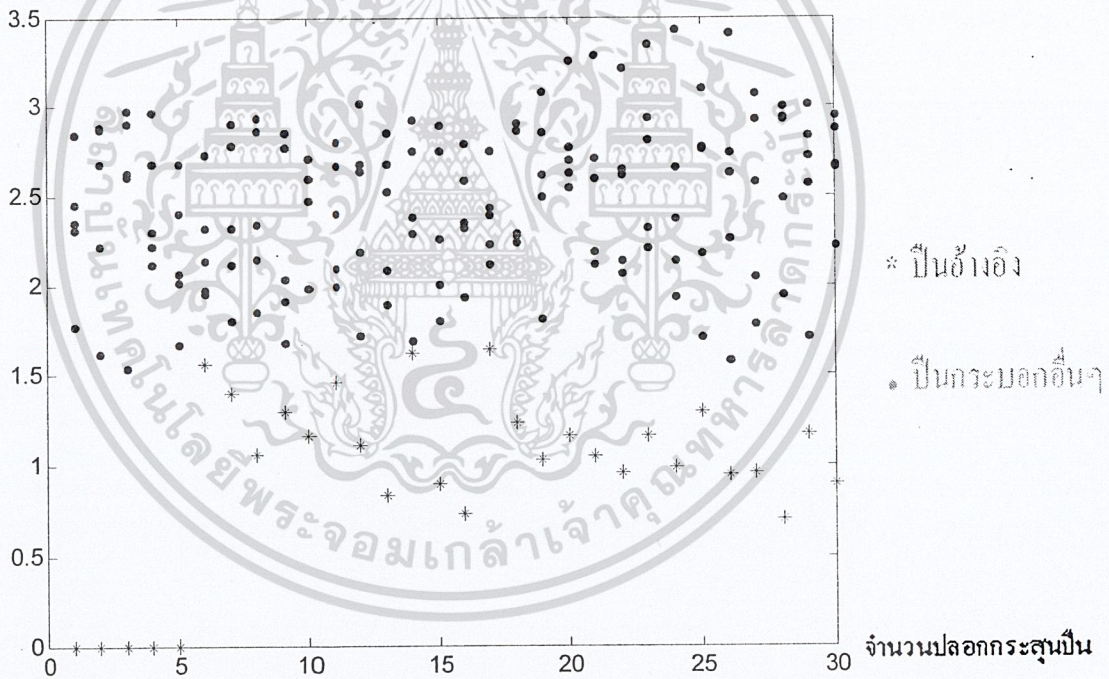
$$D = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (3.22)$$

ดังนั้นหากต้องการหาระยะทางระหว่าง A และ B ซึ่งมีข้อมูลดังนี้ $A = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$

และ $B = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ จะสามารถหาระยะทางยูคลิดจาก A ไป B ได้ดังสมการ

$$D = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2} \quad (3.23)$$

ค่าระยะห่างแบบยูคลิด



รูปที่ 3.13 แสดงค่าระยะห่างแบบยูคลิดของค่า $h_{k+p,k}$ ที่คำนวณได้จากปลอกกระสุนปืนที่มาจากปืนกระบอกเดียวกันและปืนคนละกระบอกกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การสร้างและออกแบบโปรแกรมตรวจสอบอาวุธปืนจากปลอกกระสุนปืน

3.2.1 โครงสร้างตารางฐานข้อมูล (Data Dictionary)

คณะผู้จัดทำได้ใช้ Microsoft Office Access 2003 เป็นโปรแกรมเก็บฐานข้อมูลของโปรแกรมตรวจสอบอาวุธปืนจากปลอกกระสุนปืน โดยเก็บข้อมูลภาพปลอกกระสุนปืนทั้งหมด 5 ภาพ ตามตารางที่

3.1-3.4

ตาราง 3.1 แสดงข้อมูลของตาราง People

Attribute	Data type	Allow Null	Key	Meaning
Name_surname	Text	No		ชื่อ - นามสกุล
Id_people	Text	No	Primary Key	เลขประจำตัว ประชาชน
Address	Text	No		ที่อยู่
Age	Number	No		อายุ
Nationality	Text	No		สัญชาติ

ตาราง 3.2 แสดงข้อมูลของตาราง License

Attribute	Data type	Allow null	Key	Meaning
Id_license	Text	No	Primary Key	เลขที่ใบอนุญาต
Id_gun	Text	No	Foreign Key	เลขทะเบียนปืน
Id_people	Text	No	Foreign Key	เลขประจำตัว ประชาชน
Date_recieve	Text	No		วันที่ได้รับ ใบอนุญาต
Date_expire	Text	No		วันที่หมดอายุของ ใบอนุญาต
Receiva_from	Text	No		ได้นับมาจากไหน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.3 แสดงของมูลของตาราง Gun

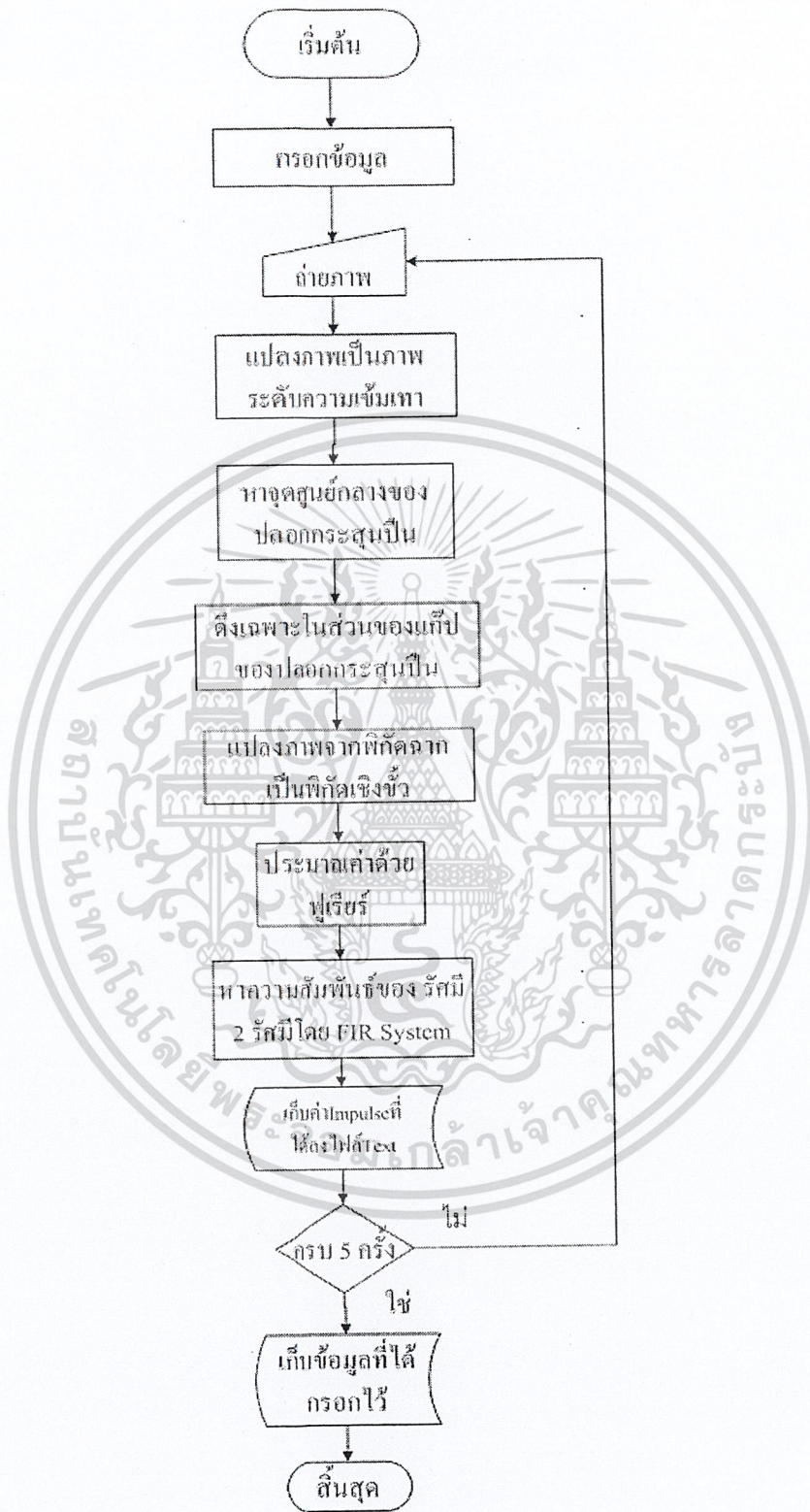
Attribute	Data type	Allow Null	Key	Meaning
Id_gun	Text	No	Primary Key	เลขทะเบียนปืน
Type_gun	Text	No		ชนิดของปืน
Size_gun	Text	No		ขนาดของปืน

ตาราง 3.4 แสดงของมูลของตาราง Picture

Attribute	Data type	Allow null	Key	Meaning
Id_gun	Text	No	Primary Key	เลขทะเบียนปืน
Picture1	Text	No		รูปถ่ายงานทำของปลอกกระสุนปืนรูปที่ 1
Picture2	Text	No		รูปถ่ายงานทำของปลอกกระสุนปืนรูปที่ 2
Picture3	Text	No		รูปถ่ายงานทำของปลอกกระสุนปืนรูปที่ 3
Picture4	Text	No		รูปถ่ายงานทำของปลอกกระสุนปืนรูปที่ 4
Picture5	Text	No		รูปถ่ายงานทำของปลอกกระสุนปืนรูปที่ 5
Impulseresponse1	Text	No		ค่า Impulse ที่ได้หลังจากผ่านFIR system ของรูปที่ 1
Impulseresponse2	Text	No		ค่า Impulse ที่ได้หลังจากผ่านFIR system ของรูปที่ 2
Impulseresponse3	Text	No		ค่า Impulse ที่ได้หลังจากผ่านFIR system ของรูปที่ 3
Impulseresponse4	Text	No		ค่า Impulse ที่ได้หลังจากผ่านFIR system ของรูปที่ 4
Impulseresponse5	Text	No		ค่า Impulse ที่ได้หลังจากผ่านFIR system ของรูปที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การออกแบบโปรแกรม



รูปที่ 3.14 Flow chart ของโปรแกรมในส่วนลงทะเบียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 Flow chart ของโปรแกรมในส่วนตรวจสอบอาวูรปิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการศึกษาหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือแบบที่ 1

3.3.1 การแปลงภาพสี (Color Image/RGB Image) เป็นภาพระดับสีเทา (Gray Level Images)

เนื่องจากภาพสีไม่มีผลต่อลักษณะเด่นและเพื่อลดความซับซ้อนของข้อมูลจึงทำการแปลงภาพสีเป็นภาพระดับสีเทา ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการ 3.1



รูปที่ 3.16 แสดงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่เป็นภาพสี RGB และภาพระดับความเข้มเทา

3.3.2 การปรับปรุงภาพเบื้องต้น (Normalization)

เนื่องจากภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ได้รับมานั้น มีความสว่างหรือมืดจนเกินไป หรือภาพไม่มีความชัดเจน การปรับปรุงภาพจึงเป็นวิธีการที่จะทำให้ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ได้รับมานั้นสมบูรณ์และมีความคมชัดมากขึ้น วิธีที่นำมาใช้ในการปรับปรุงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือคือ Linear Min/Max scaling ดังสมการ

$$J = (I(x, y) + a) \times b \quad (3.24)$$

ซึ่ง $a = -\min$ (3.25)

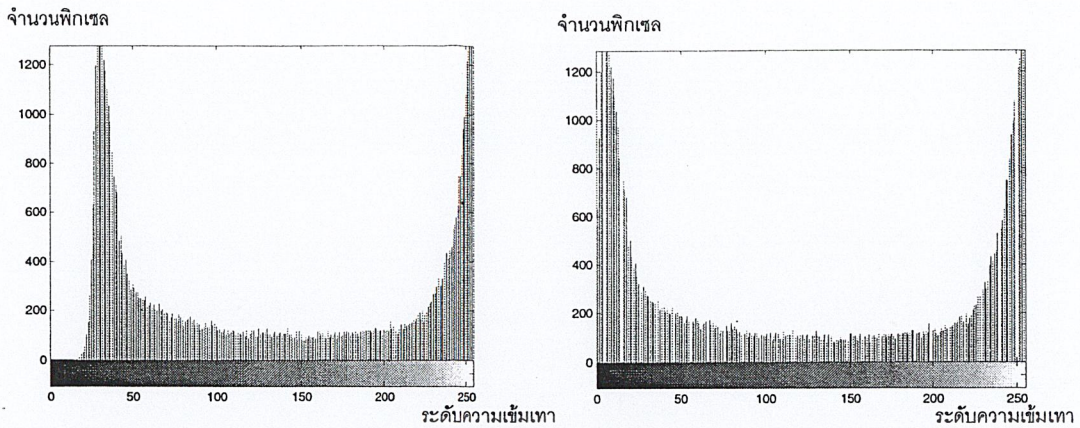
$$b = 255 / (\max - \min) \quad (3.26)$$

โดย $I(x, y)$ คือ ค่าระดับความเข้มเทาเดิมของภาพ

J คือ ค่าระดับความเข้มเทาใหม่ของภาพ

\min คือ ค่าระดับความเข้มเทาดำที่สุดของภาพเดิม

\max คือ ค่าระดับความเข้มเทาสูงที่สุดของภาพเดิม



รูปที่ 3.17 ภาพฮิสโตแกรมของภาพระดับสีเทา และภาพที่ผ่านการปรับปรุงภาพ

3.3.3 การหาทิศทางของภาพ

การหาทิศทางของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเพื่อแสดงลักษณะสำคัญของลายนิ้วมือ และการกำหนดตำแหน่งของจุด Core Point ของลายนิ้วมือ โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

3.3.3.1 นำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ผ่านขั้นตอนการปรับปรุงภาพเบื้องต้น มาแบ่งออกเป็นบล็อกขนาด $w \times w$

3.3.3.2 สร้าง Gaussian filter ขนาด 7×7 เบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) มีค่าเท่ากับ 2 เป็น

$$g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (3.27)$$

โดย σ^2 คือ ค่าความแปรปรวน

$g(x, y)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของเคาส์เซียนแบบไม่ต่อเนื่อง

(x, y) คือ ขนาดของมาร์คแบบเคาส์เซียน

0.0049	0.0092	0.0134	0.0152	0.0134	0.0092	0.0049
0.0092	0.0172	0.0250	0.0283	0.0250	0.0172	0.0092
0.0134	0.0250	0.0364	0.0412	0.0364	0.0250	0.0134
0.0152	0.0283	0.0412	0.0467	0.0412	0.0283	0.0152
0.0134	0.0250	0.0364	0.0412	0.0364	0.0250	0.0134
0.0092	0.0172	0.0250	0.0283	0.0250	0.0172	0.0092
0.0049	0.0092	0.0134	0.0152	0.0134	0.0092	0.0049

ตาราง 3.5 มาร์คแบบเคาส์เซียนที่มีขนาด (7, 7) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) มีค่าเท่ากับ 2 เป็น

3.3.3.2 คำนวณหาค่าเกรเดียนต์ $\partial_x(i, j)$ และ $\partial_y(i, j)$ ของแต่ละพิกัด (i, j) โดยเกรเดียนต์ที่ใช้ได้มาจาก Gaussian filter จากการหาอนุพันธ์ของภาพอันดับที่ 1 ซึ่งเมื่อพิจารณาภาพระดับความเข้มสีเทาแบบ 2 มิติ ในการหาค่าอนุพันธ์ทางด้านแนวแถว (Row) และค่าอนุพันธ์ทางด้านแนวหลัก (columns) สามารถหาได้จาก การหาค่าเกรเดียนตามสมการที่ 3.28

$$\nabla g = \frac{\partial g}{\partial x} i + \frac{\partial g}{\partial y} j \quad (3.28)$$

โดย ∇g คือ ค่าเกรเดียนของมาร์ค Gaussian filter

$\frac{\partial g}{\partial x}$ คือ ค่าเกรเดียนเวกเตอร์ทางด้านแนวแถว

$\frac{\partial g}{\partial y}$ คือ ค่าเกรเดียนเวกเตอร์ทางด้านแนวหลัก

ผลลัพธ์ที่ได้คือค่าเกรเดียนทางด้านแนวแถว และ ค่าเกรเดียนทางด้านแนวหลัก ไปทำวิธี

Convolution กับภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ ซึ่งสามารถหาแทนค่าดังสมการที่ 2.29 และ 3.30

$$G_x = \sum_{s=-3}^3 \sum_{t=-3}^3 \frac{\partial g}{\partial x}(s, t) J(i+s, j+t) \quad (3.29)$$

$$G_y = \sum_{s=-3}^3 \sum_{t=-3}^3 \frac{\partial g}{\partial y}(s, t) J(i+s, j+t) \quad (3.30)$$

โดย G_x คือ ภาพที่ผ่านการ Convolution จากมาร์คเกรเดียนทางด้านแนวแถว

G_y คือ ภาพที่ผ่านการ Convolution จากมาร์คเกรเดียนทางด้านแนวหลัก

J คือ ภาพลายนิ้วมือที่ผ่านการปรับปรุงภาพ

3.3.3.3 ประมาณค่าความหักเหของแต่ละบล็อกที่พิกัด (i, j) โดยสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$A = \sum_{(u,v) \in W} G_x^2(u, v) \quad (3.31)$$

$$B = \sum_{(u,v) \in W} G_y^2(u, v) \quad (3.32)$$

$$C = \sum_{(u,v) \in W} G_x(u, v) G_y(u, v) \quad (3.33)$$

$$\theta(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2C}{A-B} \quad (3.34)$$

โดย W คือ จำนวนบล็อกขนาด $w \times w$

(u, v) คือ พิกัดของบล็อก

G_x คือ ภาพที่ผ่านการ Convolution จากมาร์คเกรเดียนทางด้านแนวแถว

G_y คือ ภาพที่ผ่านการ Convolution จากมาร์คเกรเดียนทางด้านแนวหลัก โยชนด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\theta(i, j)$ คือ การประมาณทิศทางของพิกเซล (i, j) ของบล็อก

3.3.3.4 ทำการแปลงค่าความหักของเส้นลายนิ้วมือให้เป็นรูปแบบของเวกเตอร์ที่ต่อเนื่อง (Continuous Vector Field) โดยสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\Phi_x(i, j) = \cos(2\theta(i, j)) \quad (3.35)$$

$$\Phi_y(i, j) = \sin(2\theta(i, j)) \quad (3.36)$$

โดย Φ_x คือ เวกเตอร์ในแกน x

Φ_y คือ เวกเตอร์ในแกน y

นำ Φ_x และ Φ_y ที่คำนวณได้ มากรองด้วยตัวกรองแบบความถี่ต่ำ (Low-pass filter) โดยใช้ Gaussian filter ซึ่งสามารถนำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\Phi'_x(i, j) = \sum_{u=-\frac{w_\phi}{2}}^{\frac{w_\phi}{2}} \sum_{v=-\frac{w_\phi}{2}}^{\frac{w_\phi}{2}} g(u, v) \Phi_x(i - uw, j - vw) \quad (3.37)$$

$$\Phi'_y(i, j) = \sum_{u=-\frac{w_\phi}{2}}^{\frac{w_\phi}{2}} \sum_{v=-\frac{w_\phi}{2}}^{\frac{w_\phi}{2}} g(u, v) \Phi_y(i - uw, j - vw) \quad (3.38)$$

โดย $g(u, v)$ คือ ตัวกรองแบบความถี่ต่ำ (Low-pass filter)

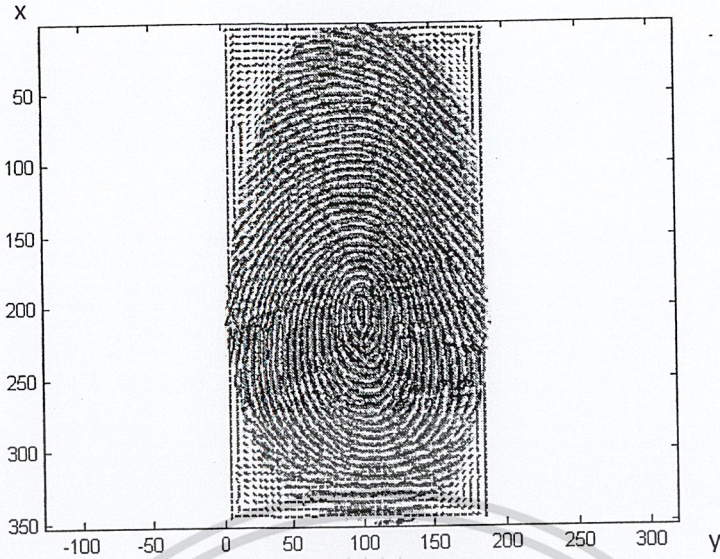
3.3.3.5 คำนวณทิศทางของสันที่อยู่ใกล้กัน ณ ตำแหน่ง (i, j) โดยใช้สมการ 3.39

$$\theta'(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\Phi'_x(i, j)}{\Phi'_y(i, j)} \quad (3.39)$$

โดย $\theta'(i, j)$ คือ การประมาณทิศทางของพิกเซล (i, j) ของบล็อกที่ผ่านการทำ

Continuous Vector Field

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 แสดงทิศทางของลายนิ้วมือ

3.3.4 การหาค่าตำแหน่งจุดอ้างอิง

หาค่าตำแหน่งจุดอ้างอิงเพื่อหาจุด Core Point ของลายนิ้วมือได้จากสมการ 3.39

$$\varepsilon(i, j) = \sin(\theta'(i, j)) \quad (3.40)$$

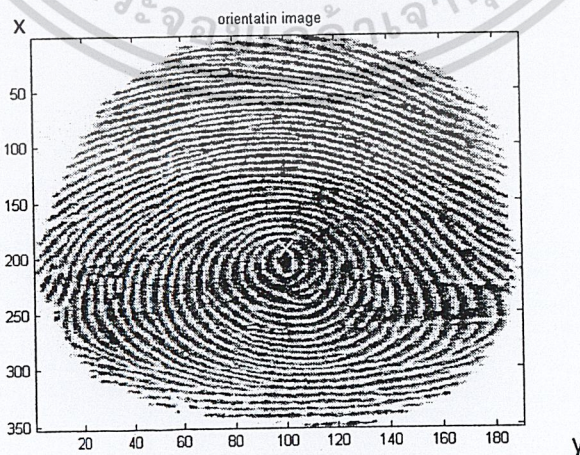
โดย $\varepsilon(i, j)$ คือ ส่วนประกอบไซน์ (Sin Component) ของ $\theta'(i, j)$

กำหนดค่า A คือรูปที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้จุดอ้างอิง ซึ่ง A หาได้จากสมการ 3.41

$$A(i, j) = \sum_{R_I} \varepsilon(i, j) - \sum_{R_{II}} \varepsilon(i, j) \quad (3.41)$$

โดย $A(i, j)$ คือ รูปที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้จุดอ้างอิง

ทำการหาค่าสูงสุดของ A และกำหนดจุดพิกัดดังกล่าวเป็นจุดอ้างอิง 3.37



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3.19 ภาพแสดงจุดอ้างอิง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 ลักษณะเด่นของภาพ

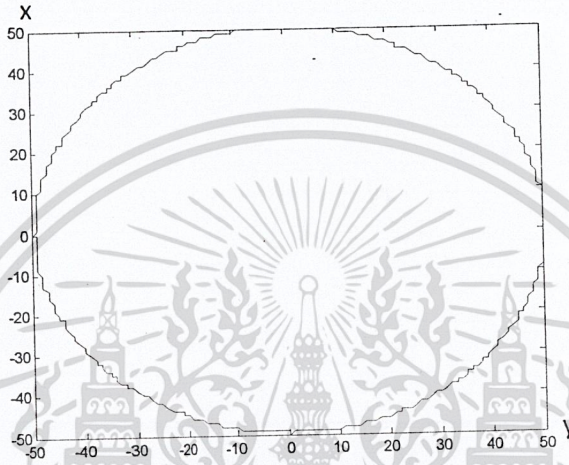
3.3.5.1 หวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่พิกัด $(0, 0)$ และรัศมีมีขนาดเท่ากับ 50 โดยหาได้จากสมการ 3.42

$$r = \sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2} \quad (3.42)$$

โดย r คือ รัศมีของวงกลม

(a, b) คือ พิกัดจุดศูนย์กลางของวงกลม

(x, y) คือ พิกัดใดๆที่มีจุดศูนย์กลางที่พิกัด (a, b) และมีรัศมีเท่ากับ r หน่วย



รูปที่ 3.20 ภาพวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่พิกัด $(0, 0)$ และมีรัศมี $r = 50$

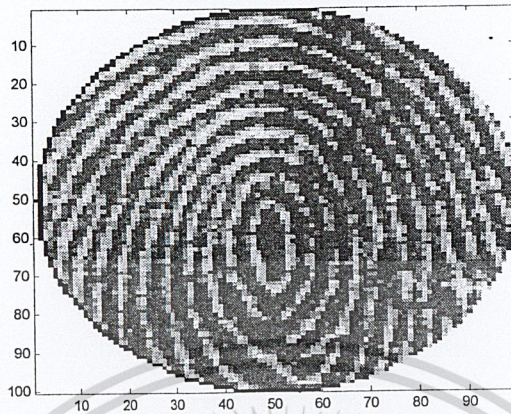
3.3.5.2 ย้ายจุดศูนย์กลางใหม่ไปที่จุดอ้างอิงที่ได้จากการหาตำแหน่งจุดอ้างอิง



รูปที่ 3.21 ภาพวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่พิกัด $(192, 100)$ และมีรัศมี $r = 50$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5.3 ลบค่าระดับความเข้มเทาที่อยู่ภายนอกพื้นที่วงกลม โดยให้ค่าที่อยู่ภายนอกวงกลมนั้นมีค่าระดับความเข้มเทา เท่ากับ 255 จากนั้นทำการตัดภาพพื้นที่หลังที่ไม่ใช่ออก



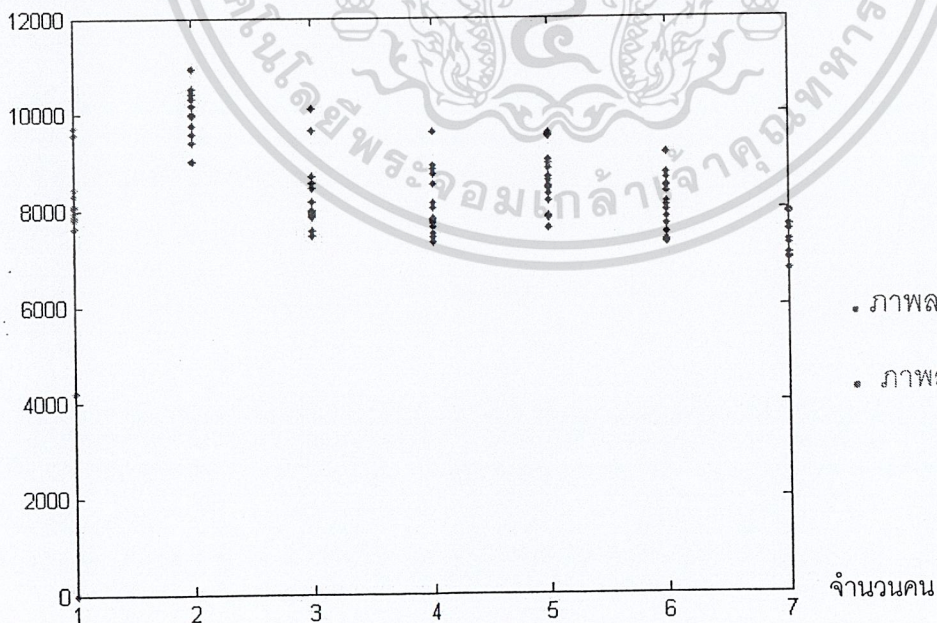
รูปที่ 3.22 ภาพที่เก็บค่าพิกเซลในพื้นที่วงกลม

3.3.5.4 กำหนดค่า $a(1, j)$ เพื่อเก็บเฉพาะค่าระดับความเข้มเทาที่อยู่ในพื้นที่วงกลม

3.3.6 การวัดระยะแบบยูคลิด (Euclidean distance)

การวัดระยะแบบยูคลิดของ โครงการนี้ จะวัดค่าความแตกต่างของค่าระดับความเข้มเทาที่เก็บอยู่ในค่า $a(1, j)$ ภาพอ้างอิงกับภาพลายนิ้วมืออื่นๆ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ 3.22 และ 3.23

ค่าระยะห่างยูคลิด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3.23 ภาพที่แสดงการเปรียบเทียบลายนิ้วมือมาใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนการศึกษาหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือแบบที่ 2

3.4.1 การแปลงภาพสี (Color Image/RGB Image)

3.4.2 ภาพระดับสีเทา (Gray Level Images)

3.4.3 การปรับปรุงภาพ

3.4.4 การหาตำแหน่งจุดอ้างอิง

หาตำแหน่งจุดอ้างอิงเพื่อหาจุด Core Point ของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือได้จากภาพที่มีพิกัด (x, y) ที่เก็บพิกัดของภาพที่มีค่าระดับความเข้มสีเทามากกว่า 100 ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$SUM_X = \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.42)$$

$$SUM_Y = \sum_{i=1}^n y_i \quad (3.43)$$

โดย x_i คือ ค่าพิกัดของภาพแกน x ที่มีค่าระดับความเข้มสีเทามากกว่า 100 ตำแหน่งที่ i

y_i คือ ค่าพิกัดของภาพแกน y ที่มีค่าระดับความเข้มสีเทามากกว่า 100 ตำแหน่งที่ i

SUM_X คือ ผลรวมของค่า x_i

SUM_Y คือ ผลรวมของค่า y_i

จากนั้นนับตำแหน่งภาพที่มีค่าระดับความเข้มสีเทามากกว่า 100 ได้จากสมการ

$$count = count(i) \quad (3.44)$$

โดย $count$ คือ จำนวนตำแหน่งภาพที่มีค่าระดับความเข้มสีเทามากกว่า 100

จากนั้นหาค่าพิกัดของจุดกึ่งกลางภาพได้โดยสมการ

$$X_{center} = \frac{SUM_X}{count} \quad (3.45)$$

$$Y_{center} = \frac{SUM_Y}{count} \quad (3.46)$$

โดย X_{center} คือ พิกัดแกน x ของจุดกึ่งกลางภาพ

Y_{center} คือ พิกัดแกน y ของจุดกึ่งกลางภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 ภาพแสดงจุดอ้างอิงพิกัด (X_{center}, Y_{center})

3.4.5 การหาทิศทางของภาพ

จากนั้นตัดรูปที่หาจุดอ้างอิงได้แล้วนำภาพไปหาทิศทางของภาพจะได้ภาพดังรูป 3.25 นำภาพที่ได้เก็บในค่า $a(1, j)$ จากนั้นนำไปหาระยะยูคลิด



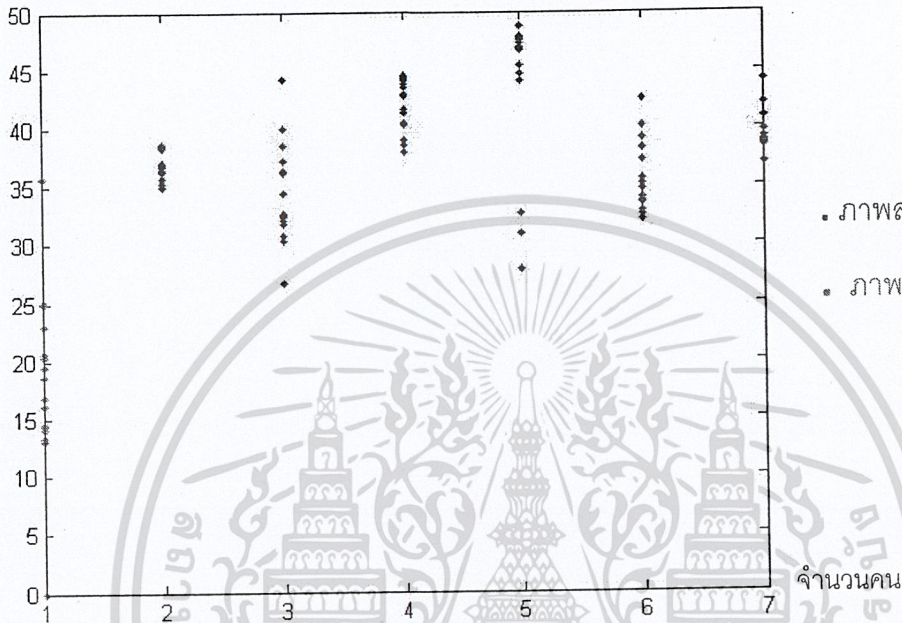
รูปที่ 3.25 ภาพที่ได้หลังจากการหาทิศทางของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.6 การวัดระยะแบบยูคลิด (Euclidean distance)

การวัดระยะแบบยูคลิดของโครงการนี้ จะวัดค่าความแตกต่างของค่าระดับความเข้มเทาที่เก็บอยู่ในค่า $a(1, j)$ ภาพอ้างอิงกับภาพลายนิ้วมืออื่นๆ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ 3.22 และ 3.23

ค่าระยะห่างยูคลิด



รูปที่ 4.13 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลายนิ้วมือวิธีที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

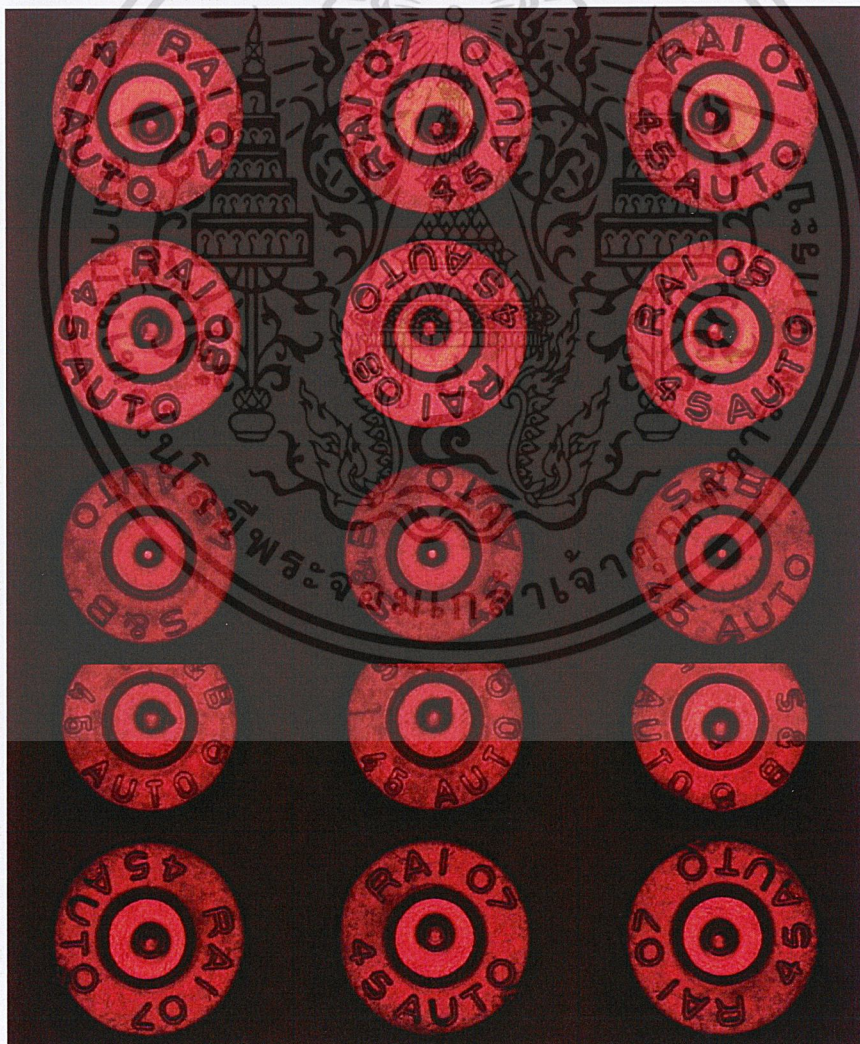
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การตรวจสอบปืนจากปลอกกระสุนปืน

4.1.1 รูปปลอกกระสุนที่ใช้ในการทดลอง

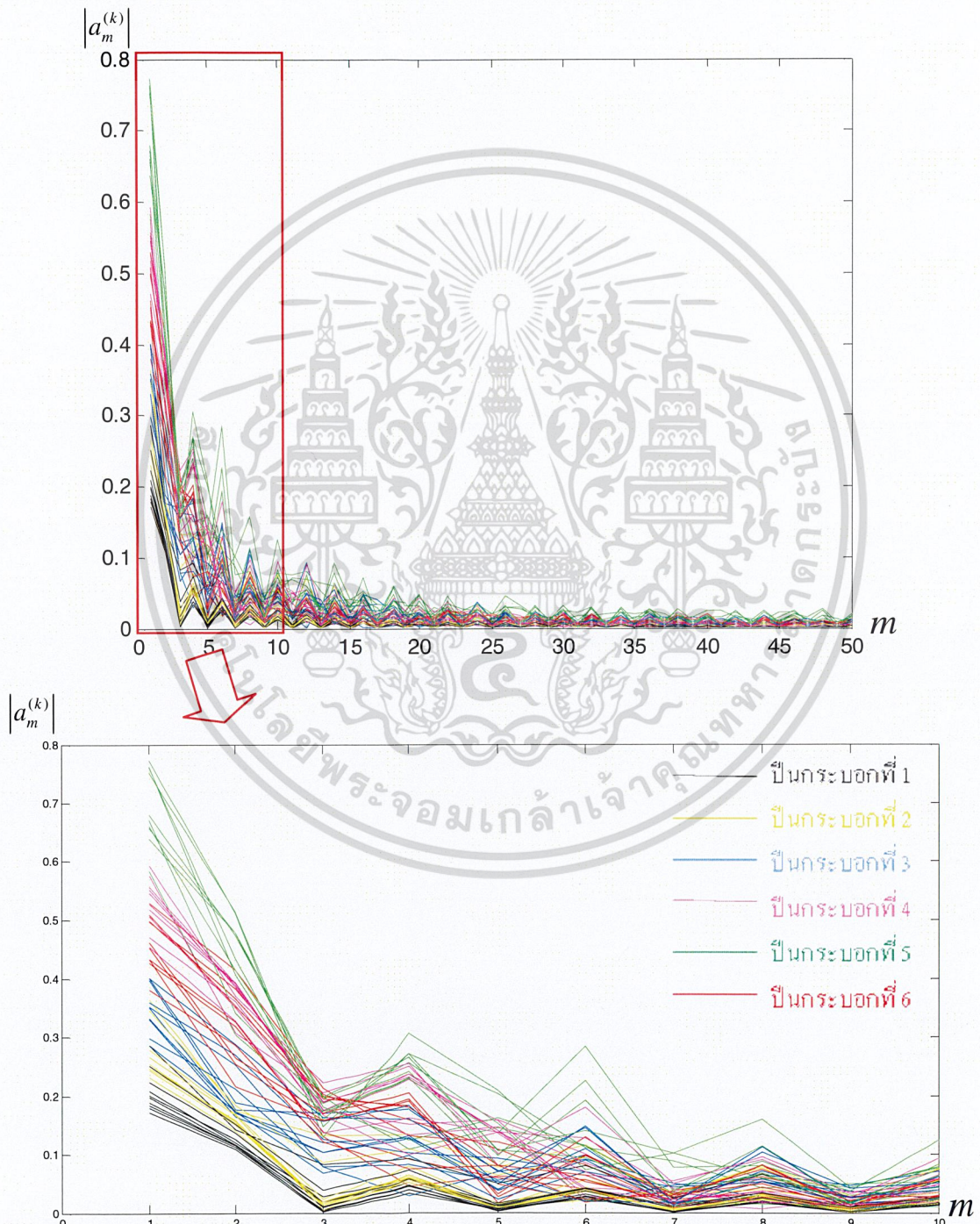
ภาพที่ใช้ในการทดลองได้มาจากการถ่ายภาพของปลอกกระสุนปืนโดยการใช้กล้องที่มีการควบคุมตำแหน่งและอุปกรณ์ส่องสว่างสีแดงที่คงที่ โดยข้อมูลที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยภาพถ่ายจากปืนขนาด 11 มม. ทั้งหมด 6 กระบอก จำนวน 180 ภาพ โดยมาจากปืนโมเดลเดียวกัน 4 กระบอก คือ Colt Defend series90 , Colt series70 กระบอกที่1, Colt series70 กระบอกที่2 , Colt 1911 และอีก 2 กระบอก คือ Infinity sv.45, Para-Ordnance ssp-nite tac .45 ซึ่งจากรูปที่ 4.1 เป็นตัวอย่างของภาพปลอกกระสุนปืนที่ใช้ในการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 4.1 ตัวอย่างภาพถ่ายงานท่ายปลอกกระสุนปืนที่นำมาใช้ในการตรวจสอบ โยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของปลอกกระสุนปืน

จากการใช้ค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของปลอกกระสุนปืนทั้ง 6 กระบอก โดยนำข้อมูลของค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่รัศมีของส่วนที่เป็นแก๊ปของปลอกกระสุนปืนเท่ากับ 43 ไมครอน จะได้ดังรูปที่ 4.2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของปลอกกระสุนปืนแต่ละกระบอกจะมีแนวโน้มที่แยกออกจากกัน

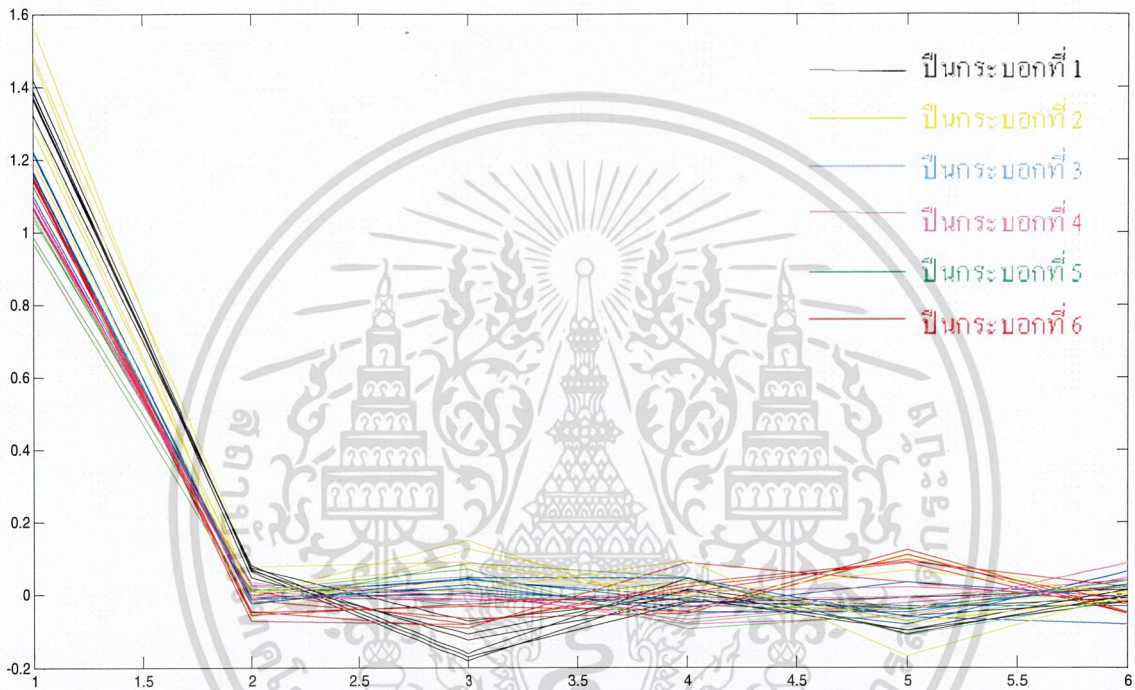


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์จากปืนทั้ง 6 กระบอก
ไม่ว่ากรณีใดๆ หงส่น อักทงหามมเห็ดดแปลงเนือหาและตองอ้างอิงเงงเจ้าของเอกสารทุกคร้งทหมการนำไปใช้

4.1.3 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของปลอกกระสุนปืน

จากการใช้ค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของปลอกกระสุนปืนทั้ง 6 กระบอก โดยนำข้อมูลของค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่รัศมีของส่วนที่เป็นแก๊ปของปลอกกระสุนปืนเท่ากับ 43 ไมครอน จะได้ดังรูปที่ 4.3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของปลอกกระสุนปืนแต่ละกระบอกจะมีแนวโน้มที่แยกออกจากกัน

$h_{k+p,k}$

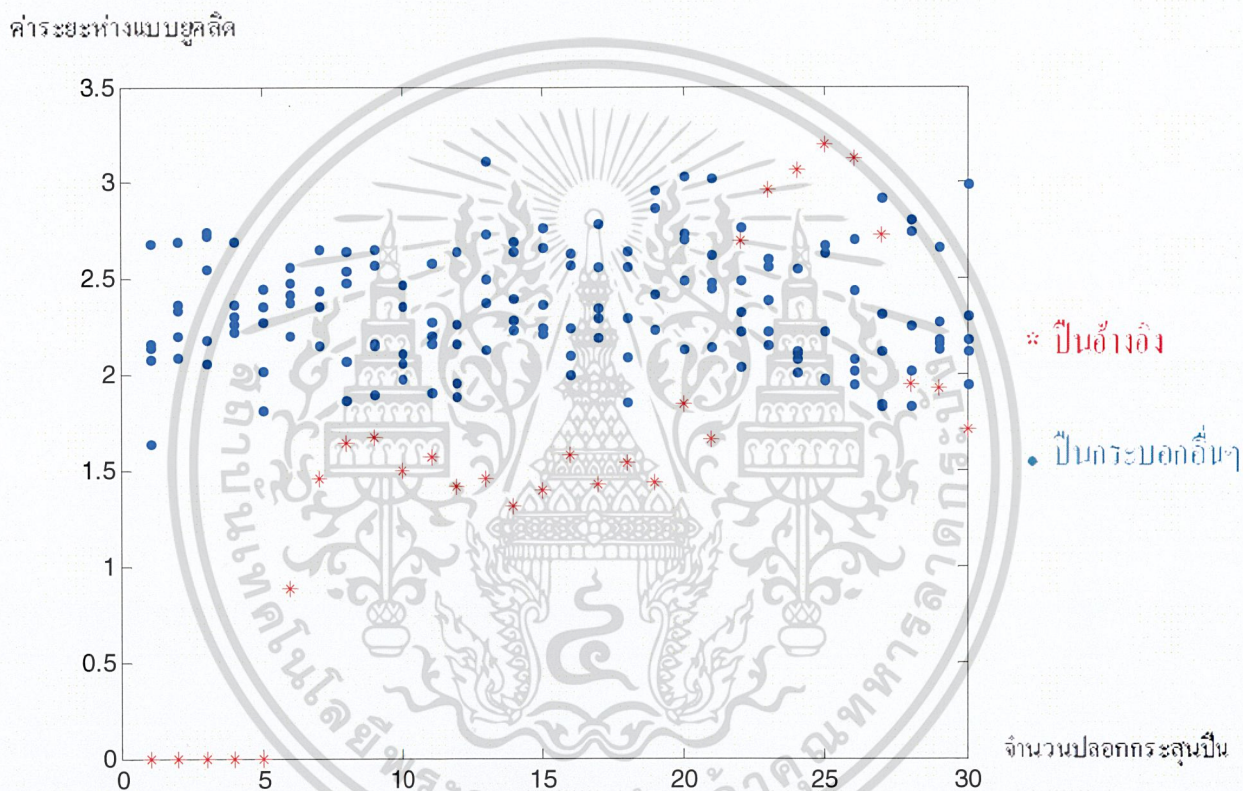


รูปที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบค่าผลสนองตอบอิมพัลส์จากปืนทั้ง 6 กระบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ผลการจำแนกปลอกกระสุนปืน

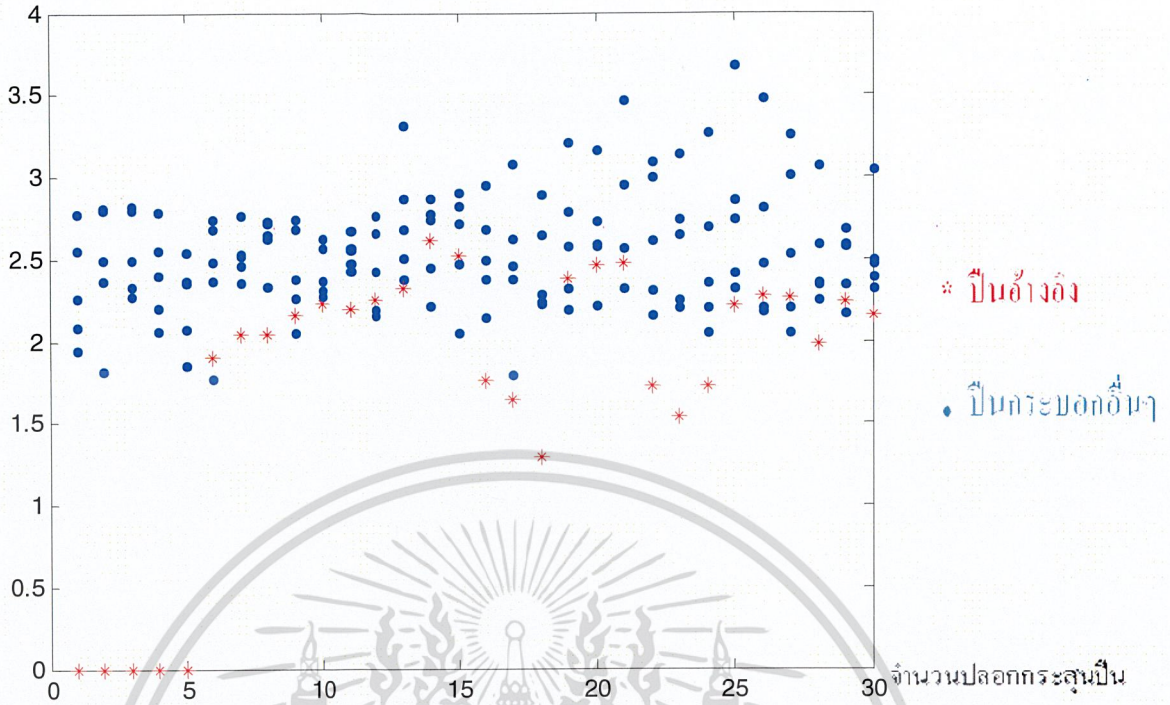
จากการทดลองโดยใช้ปลอกกระสุนปืนจากปืนกระบอกเดียวกัน และจากปืนคนละกระบอก โดยใช้ภาพปลอกกระสุนปืน 5 รูปแรกของปืนกระบอกนั้นเป็นปลอกกระสุนปืนอ้างอิงในการคำนวณค่าระยะห่างแบบยูคลิด เพื่อทำการแยกแยะ ซึ่งจากรูปที่ 4.2 แสดงค่าระยะห่างแบบยูคลิด ระหว่างปลอกกระสุนปืนอ้างอิงกับปลอกกระสุนปืนที่นำมาทดสอบ โดยใช้ปลอกกระสุนปืน Para-Ordnance ssp-nite tac .45 เป็นปลอกกระสุนอ้างอิง



รูปที่ 4.4 ผลการตรวจสอบปลอกกระสุนปืน โดยใช้ปืน Para-Ordnance ssp-nite tac .45 เป็นปืนอ้างอิง

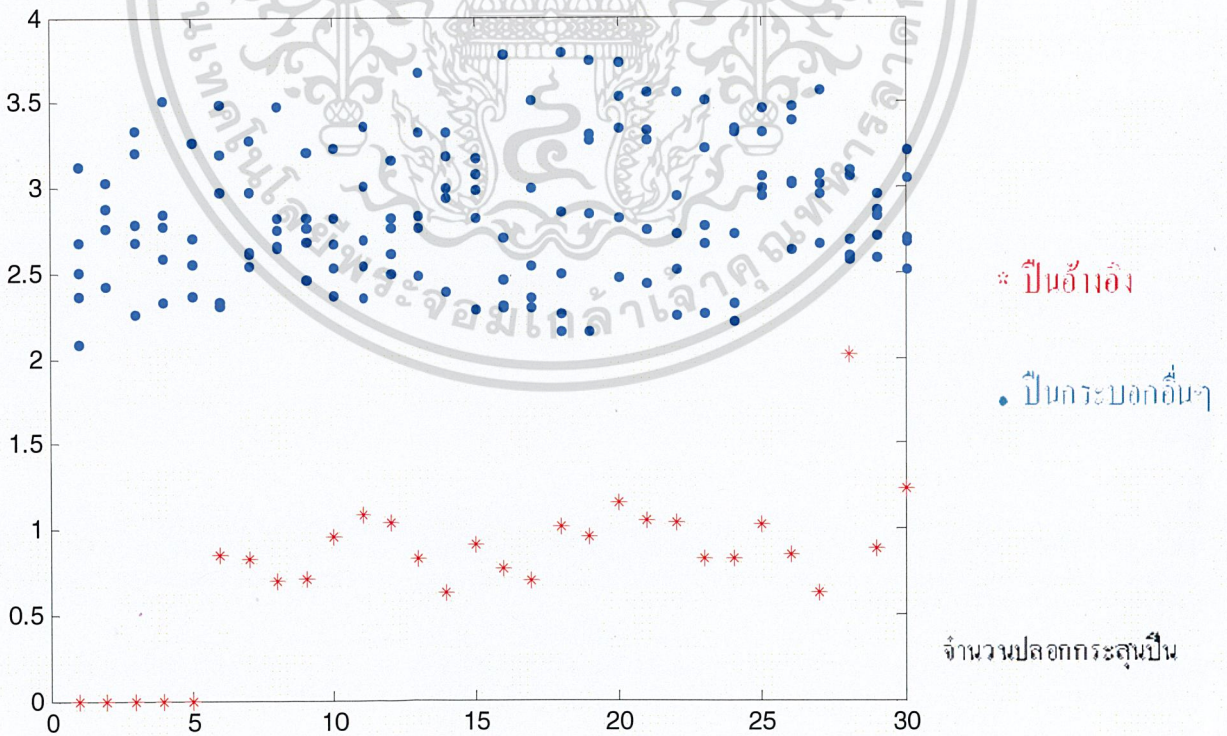
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าระยะห่างแบบยุคลิด



รูปที่ 4.5 ผลการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนโดยใช้ปืน Colt Defend series 90 .45 เป็นปืนอ้างอิง

ค่าระยะห่างแบบยุคลิด

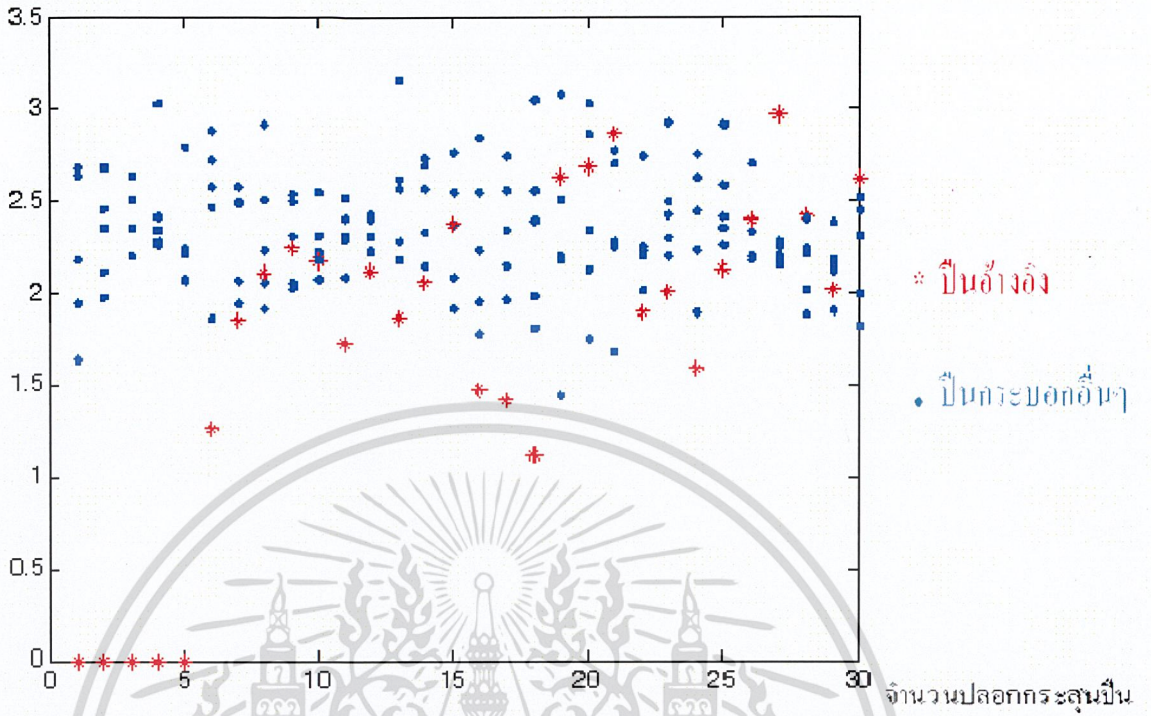


รูปที่ 4.6 ผลการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนโดยใช้ปืน Infinity sv.45 เป็นอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

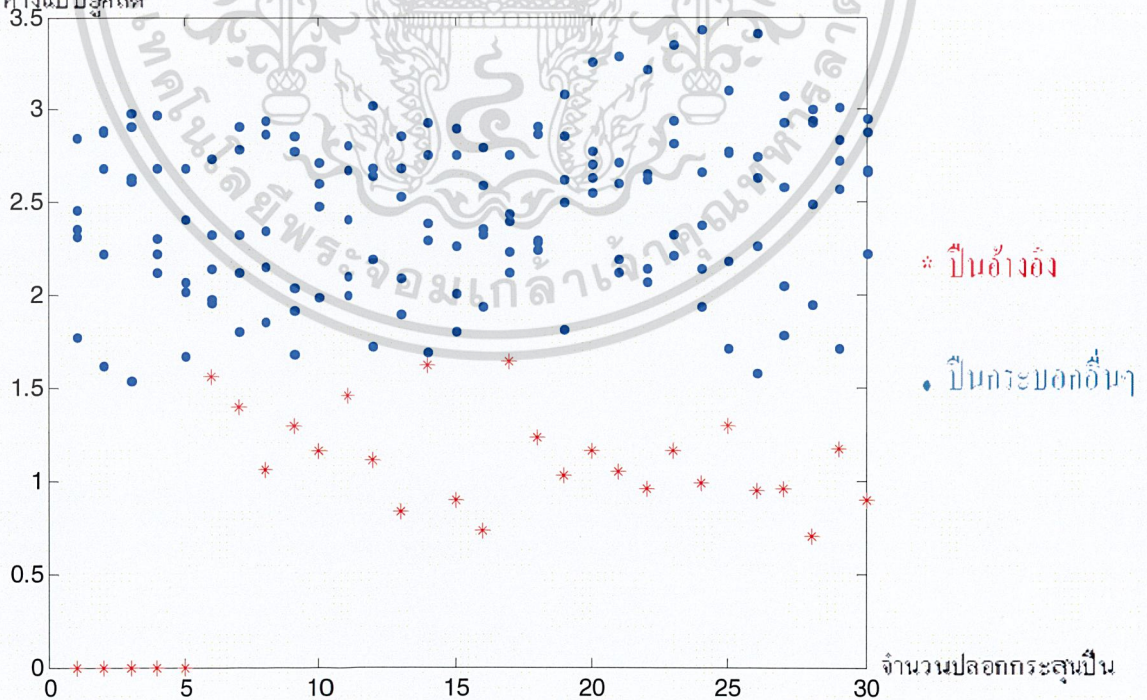
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าระยะห่างแบบยูคลิด



รูปที่ 4.7 ผลการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนโดยใช้ปืน Colt series70กระบอกที่1 เป็นปิ่นอ้างอิง

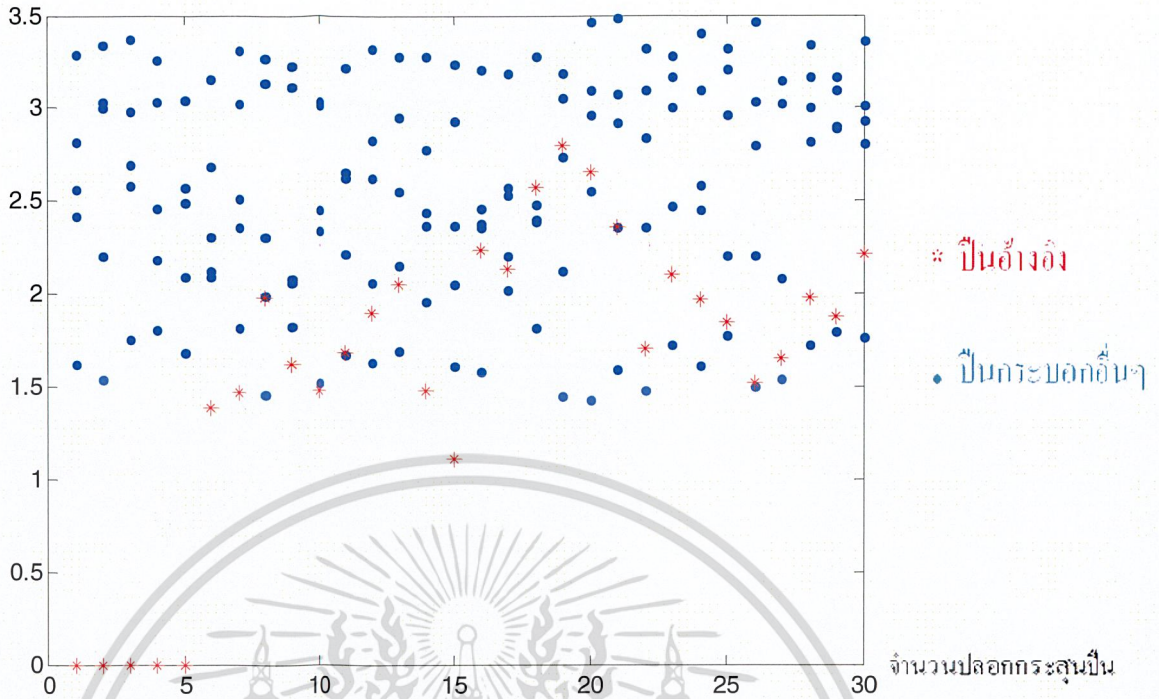
ค่าระยะห่างแบบยูคลิด



รูปที่ 4.8 ผลการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนโดยใช้ปืน Colt series70กระบอกที่2เป็นปิ่นอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ภายใต้การเซ็นเซอร์เพื่อรักษาความลับเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นใบเซอร์เวชันด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าระยะห่างแบบยุคลิด



รูปที่ 4.9 ผลการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนโดยใช้ปืน Colt 1911 เป็นปืนอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ

4.2.1 รูปภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ใช้ในการทดลอง

ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ ได้มาจากหมึกสีที่ห่อตราฆ่าและผงหมึกดำ โดยใช้สแกนเนอร์บันทึกภาพเพื่อลดปัญหาในการสะท้อน โดยจัดเก็บลายนิ้วมือจากหมึกสีจำนวนบุคคล 7 คน คนละ 16 ภาพ และ จากผงหมึกดำจำนวนบุคคล 17 คน คนละ 5 ภาพ ซึ่งแสดงตัวอย่างดังรูปที่ 4.8 และ 4.9



รูปที่ 4.10 ภาพตัวอย่างภาพพิมพ์ลายนิ้วมือจากหมึกพิมพ์ที่ใช้นำมาทดสอบ



รูปที่ 4.11 ภาพตัวอย่างภาพพิมพ์ลายนิ้วมือจากผงหมึกดำที่ใช้นำมาทดสอบ

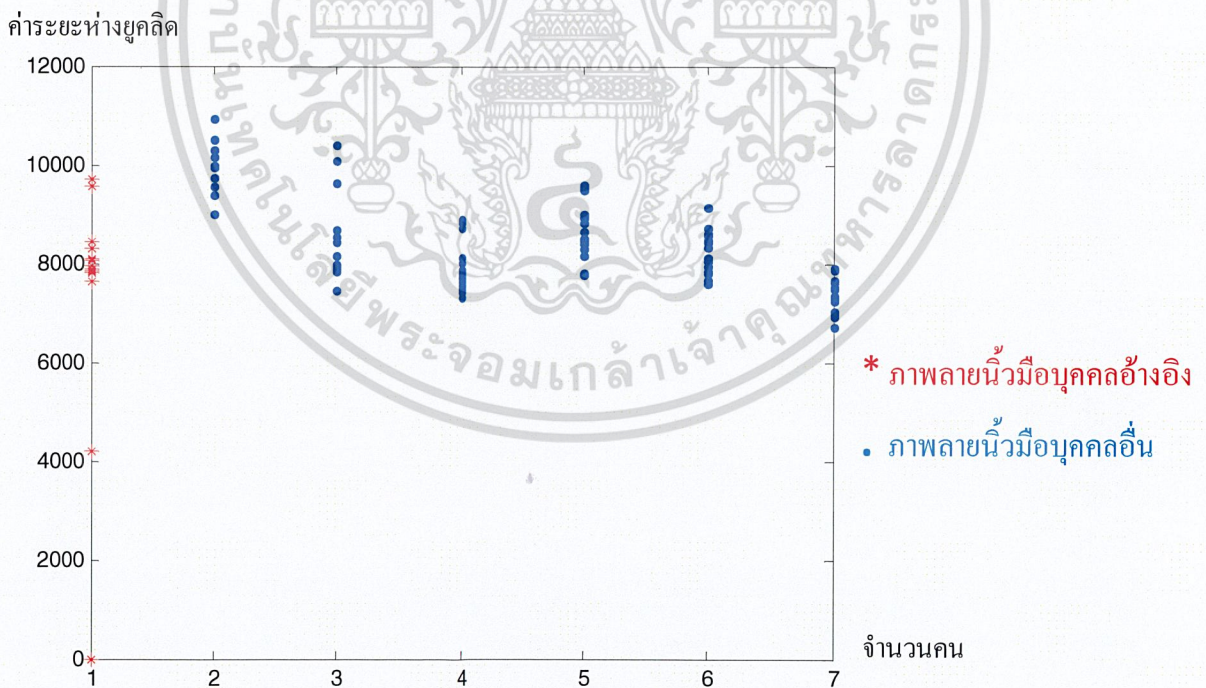
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขอขออนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ

จากการทดลองเปรียบเทียบลายนิ้วมือของบุคคล โดยใช้ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือของบุคคลดังรูปที่ 4.10 นั้นเป็นภาพอ้างอิงในการคำนวณค่าระยะห่างแบบยูคลิดในการเปรียบเทียบ ซึ่งภาพที่ 4.11 เป็นการเปรียบเทียบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือของบุคคลอ้างอิงที่เก็บโดยหมึกพิมพ์ โดยใช้วิธีที่ 1 และภาพที่ 4.12 เป็นการเปรียบเทียบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือของบุคคลอ้างอิงที่เก็บโดยผงหมึกดำ โดยใช้วิธีที่ 1 และภาพที่ 4.13 เป็นการเปรียบเทียบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือของบุคคลอ้างอิงที่เก็บโดยหมึกพิมพ์ โดยใช้วิธีที่ 2 และภาพที่ 4.14 เป็นการเปรียบเทียบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือของบุคคลอ้างอิงที่เก็บโดยผงหมึกดำ โดยใช้วิธีที่ 2 ดังภาพ

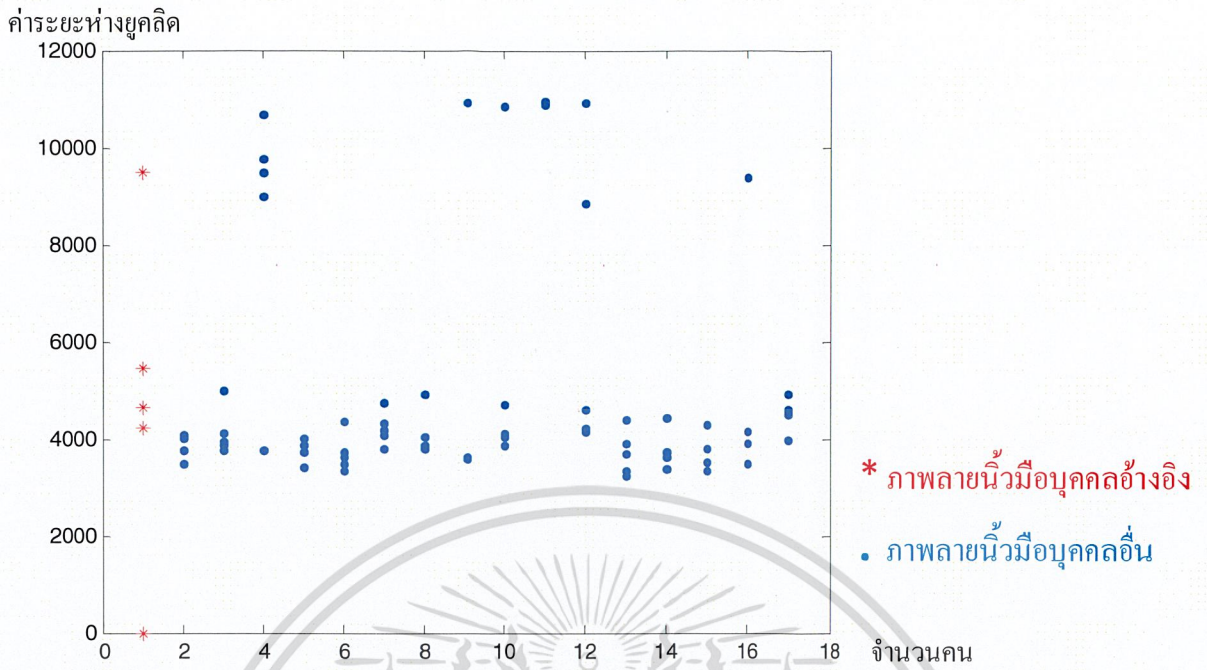


รูปที่ 4.12 ภาพตัวอย่างภาพพิมพ์ลายนิ้วมือจากหมึกพิมพ์และผงหมึกดำจากบุคคลเดียวกัน

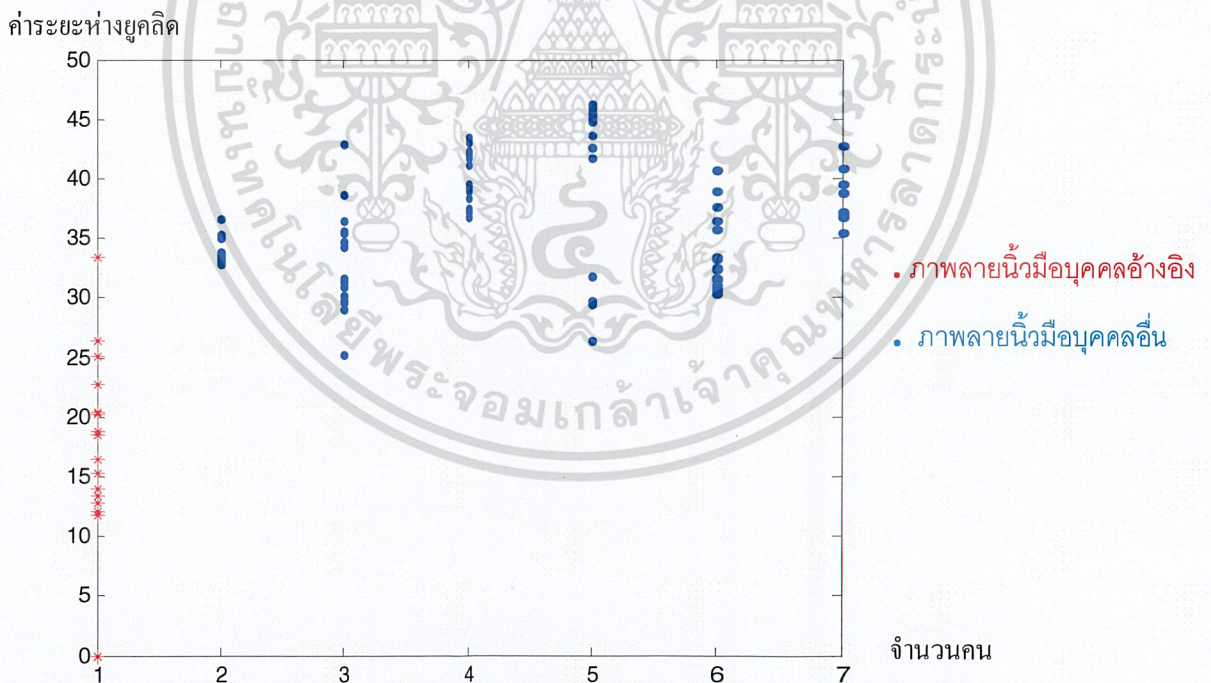


รูปที่ 4.13 เป็นการเปรียบเทียบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือของบุคคลอ้างอิงที่เก็บโดยหมึกพิมพ์ โดยใช้วิธีที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



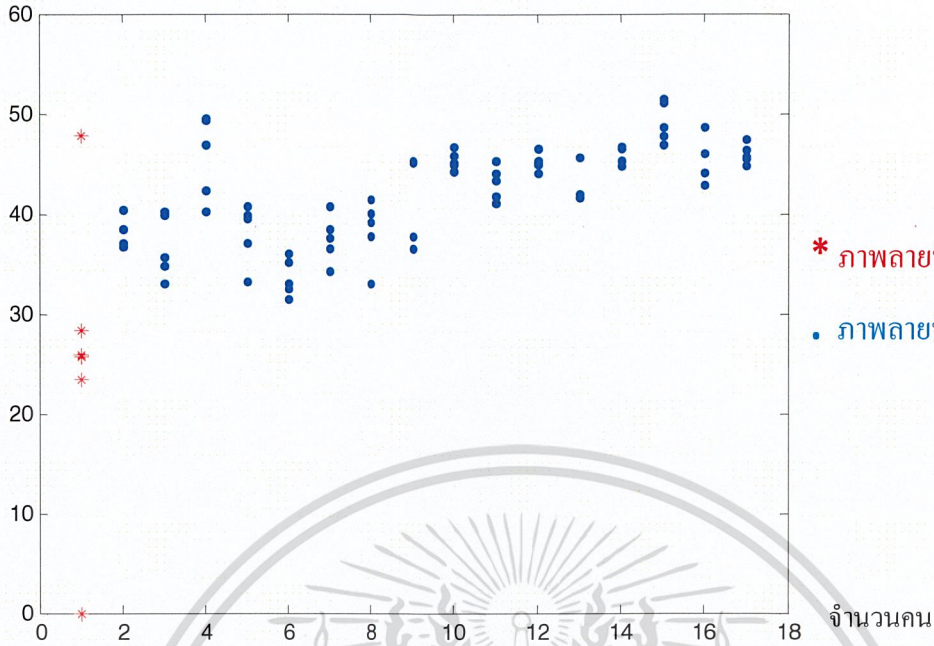
รูปที่ 4.14 เป็นการเปรียบเทียบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือของบุคคลอ้างอิงที่เก็บ โดยผงหมึกดำ โดยใช้วิธีที่ 1



รูปที่ 4.15 เป็นการเปรียบเทียบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือของบุคคลอ้างอิงที่เก็บ โดยหมึกพิมพ์ โดยใช้วิธีที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าระยะห่างยูคลิด



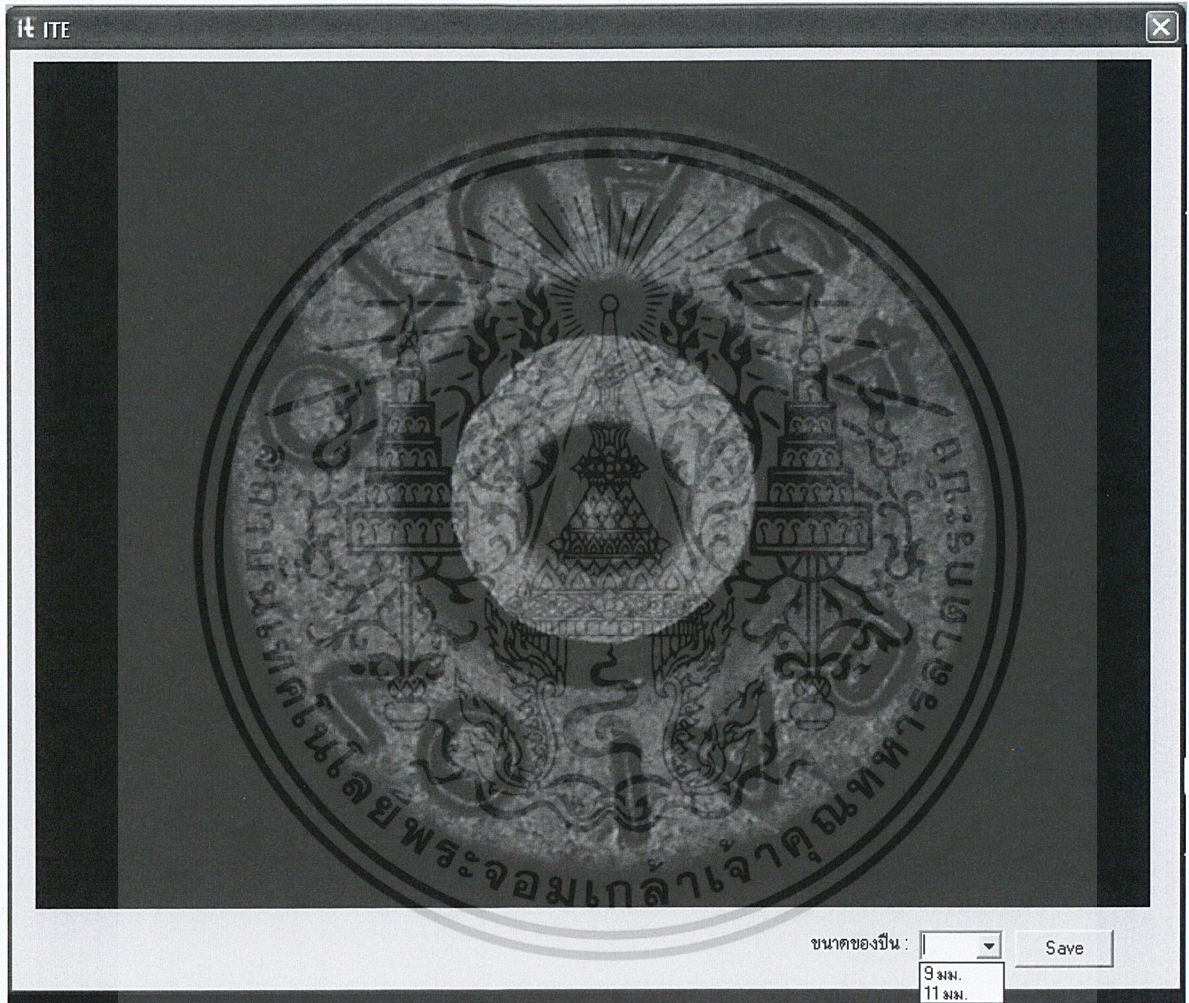
* ภาพลายนิ้วมือบุคคลอ้างอิง
• ภาพลายนิ้วมือบุคคลอื่น

รูปที่ 4.16 เป็นการเปรียบเทียบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือของบุคคลอ้างอิงที่เก็บโดยพงษ์มิกคำ โดยใช้วิธีที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

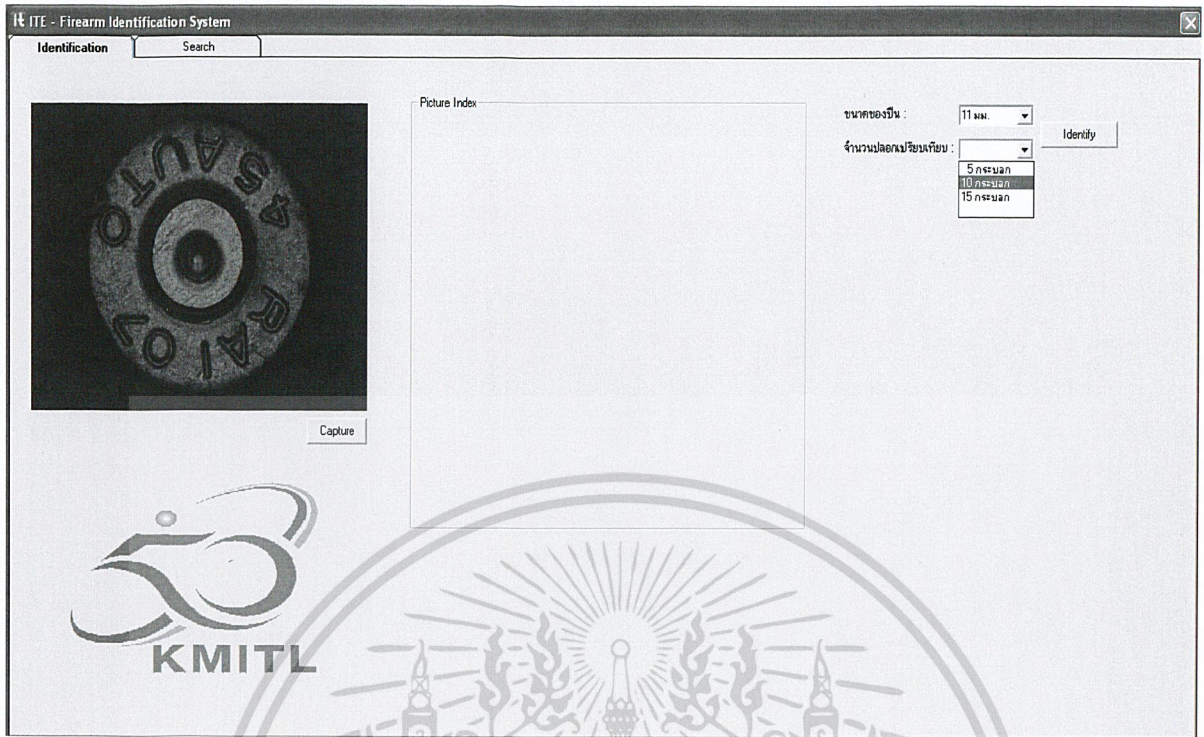
5.1.2 ส่วนการตรวจสอบอาวุธปืนจากปลอกกระสุนปืน

ใช้สำหรับการตรวจสอบอาวุธปืนจากภาพถ่ายปลอกกระสุนปืน โดยจะต้องเลือกขนาดของอาวุธปืนที่ต้องการจะตรวจสอบ และยังสามารถเลือกจำนวนภาพปลอกกระสุนปืนที่ใกล้เคียงกับภาพปลอกกระสุนของอาวุธปืนที่ต้องการจะตรวจสอบเป็นจำนวน 5,10,15 ปลอก และสามารถค้นหาข้อมูลที่ได้ทำการลงทะเบียนไว้ได้



รูปที่ 5.3 หน้าจอของโปรแกรมส่วนตรวจสอบอาวุธปืนขณะทำการถ่ายภาพจานท้ายของปลอกกระสุนปืน

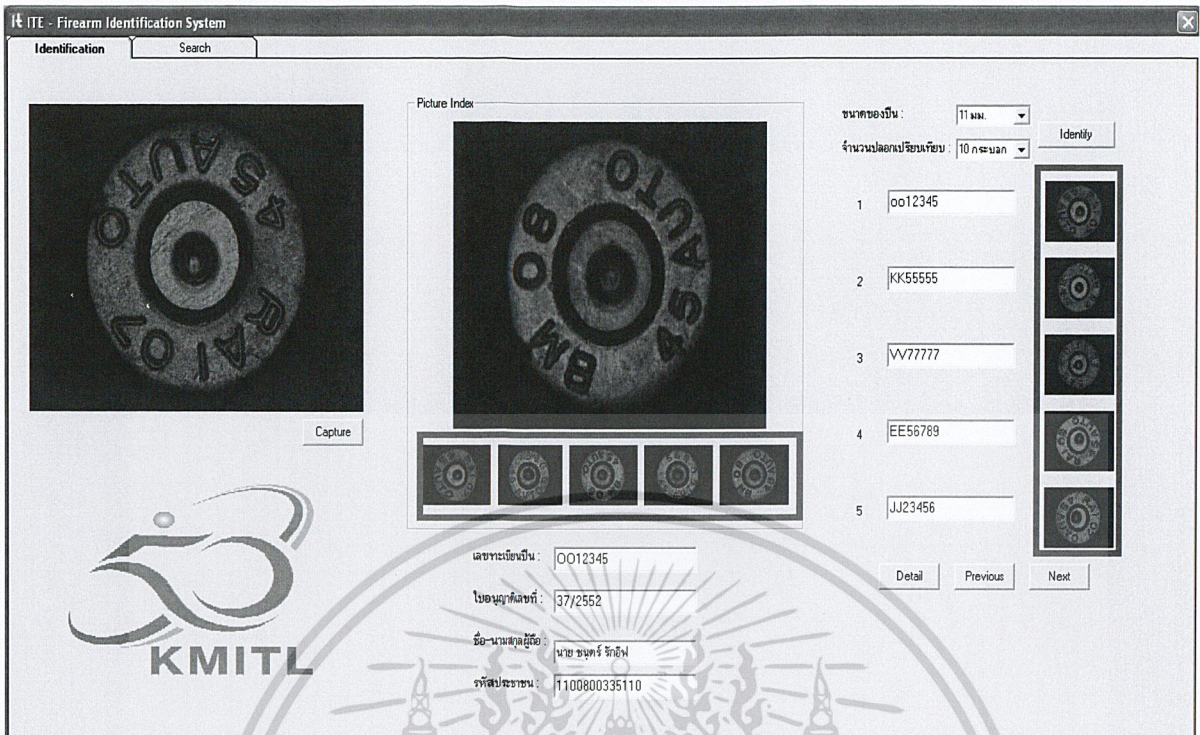
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 หน้าจอของโปรแกรมส่วนตรวจสอบอาวุธปืน ขณะทำการเลือกจำนวนปลอกเปรียบเทียบที่ใกล้เคียงที่สุดกับอาวุธปืนที่ตรวจสอบ

รูปที่ 5.4 หน้าจอของโปรแกรมในส่วนตรวจสอบอาวุธปืน ขณะทำการเลือกจำนวนปลอกเปรียบเทียบที่ใกล้เคียงที่สุดกับอาวุธปืนที่ตรวจสอบ โดยที่ภาพที่ถ่ายจากรูปที่ 5.3 จะมาแสดงบนหน้าจอโปรแกรมบริเวณด้านซ้าย และสามารถกลับไปถ่ายภาพปลอกกระสุนปืนใหม่ได้โดยคลิกที่ปุ่ม Capture

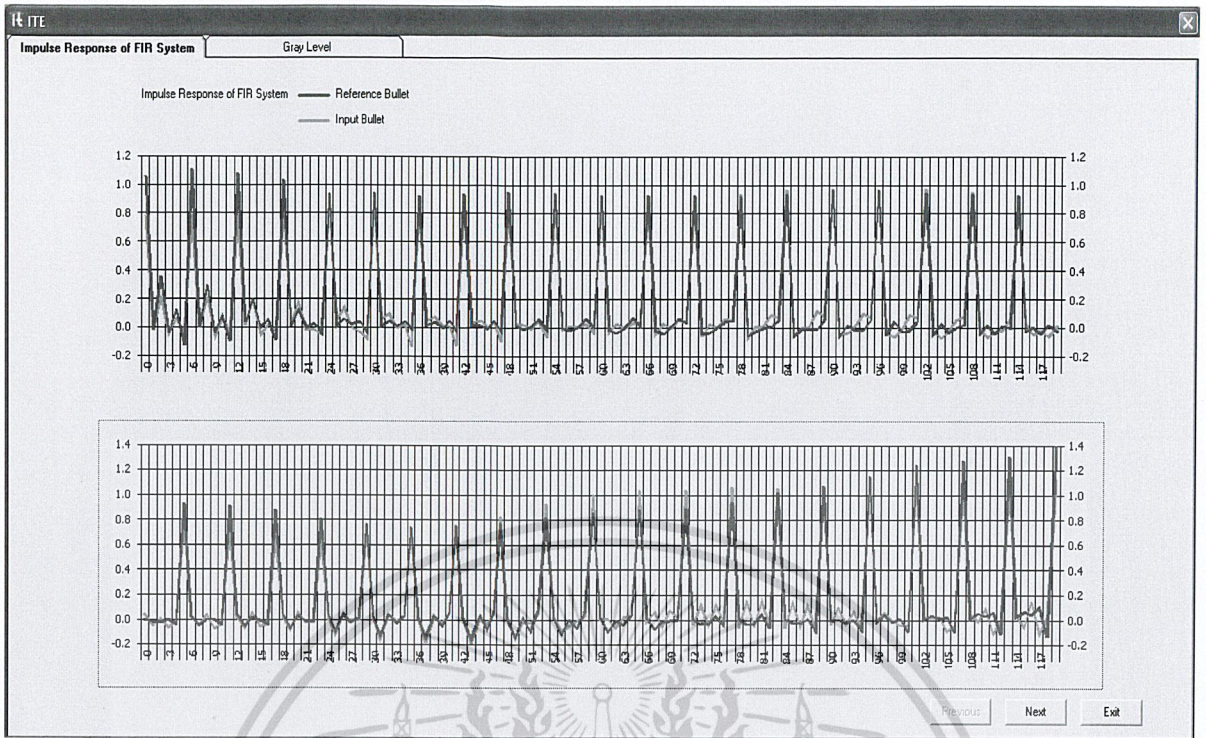
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



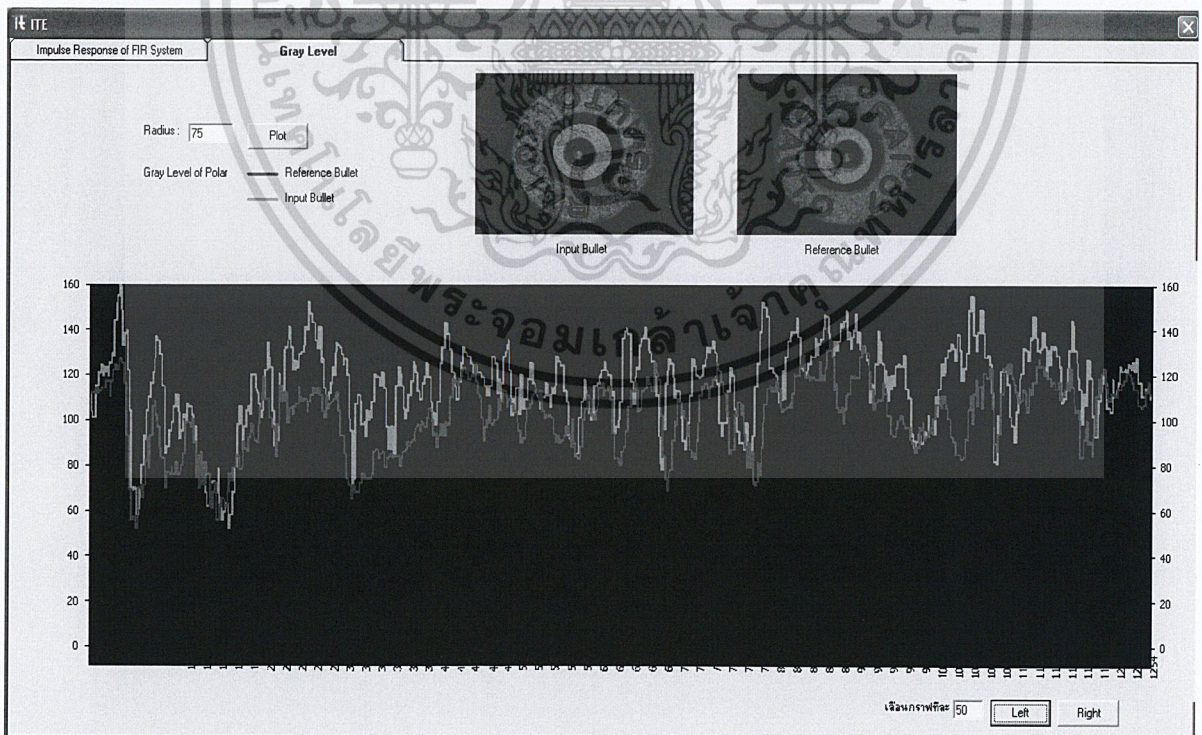
รูปที่ 5.5 หน้าจอของโปรแกรมส่วนตรวจสอบอาวุธปืน หลังจากตรวจสอบโดยที่เลือกจำนวนปลอกเปรียบเทียบจำนวน 10 กระบอก

รูปที่ 5.5 หน้าจอของโปรแกรมในส่วนตรวจสอบอาวุธปืน หลังจากตรวจสอบโดยที่เลือกจำนวนปลอกเปรียบเทียบจำนวน 10 กระบอก แต่จะแสดงผลบนหน้าจอเพียง 5 กระบอกแรก แต่จะสามารถคลิกที่ปุ่ม Next เพื่อแสดงผล 5 กระบอกถัดไป หรือคลิกที่ปุ่ม Previous เพื่อเลื่อนกลับมายัง 5 กระบอกแรก และสามารถคลิกที่รูปเล็กบริเวณกรอบสี่แดงเพื่อให้แสดงผลบนรูปใหญ่บริเวณตรงกลางหน้าจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



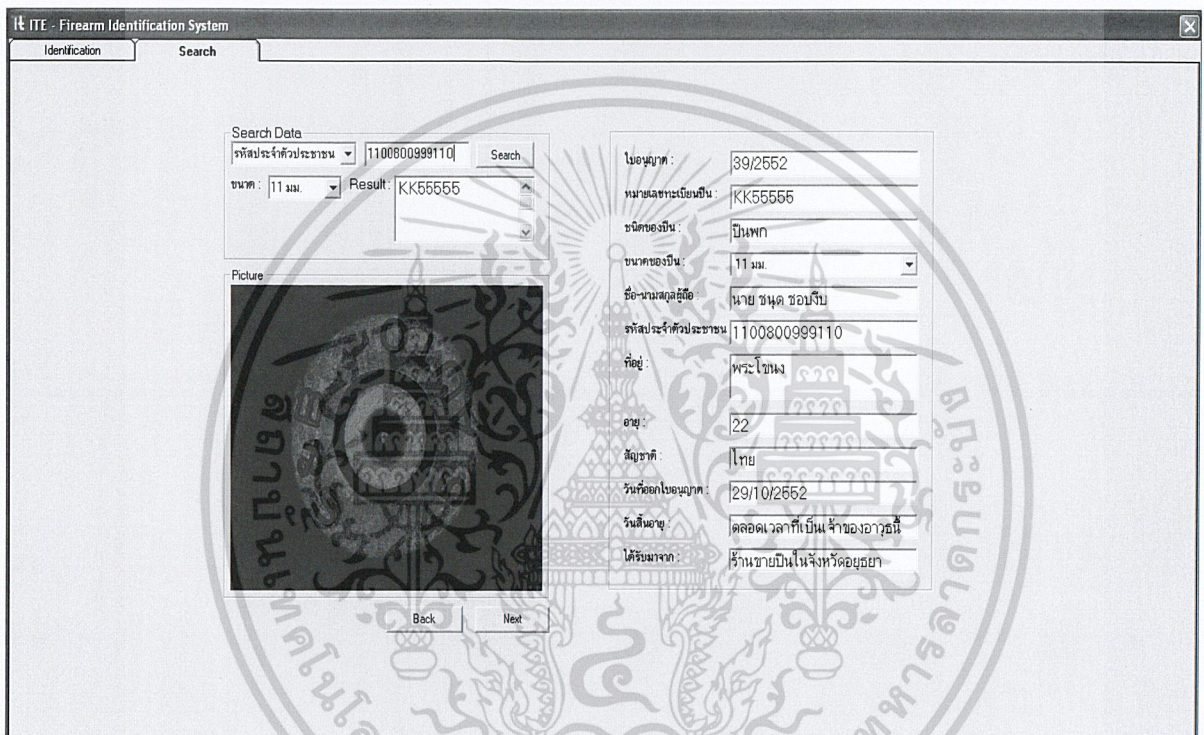
รูปที่ 5.6 หน้าจอของโปรแกรมส่วนตรวจสอบอาวุธปืน ในส่วนของรายละเอียดของค่า Impulse Response ของระบบ FIR Systems



รูปที่ 5.7 หน้าจอของโปรแกรมส่วนตรวจสอบอาวุธปืน ในส่วนของรายละเอียดของค่า Gray Level ที่รัศมี 75 ของแก๊สของปลอกกระสุนปืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.7 หน้าจอของโปรแกรมส่วนตรวจสอบอาวุธปืน ในส่วนของรายละเอียดของค่า Gray Level ที่รีเซ็ตต่างๆของแก๊ปของปลอกกระสุนปืน สามารถเลือกรีเซ็ตที่ต้องการจะดูรายละเอียดได้โดยใส่ค่ารีเซ็ตลงในช่อง Radius จากนั้นคลิกที่ปุ่ม Plot และยังสามารถเลื่อนกราฟรายละเอียดของ Input ได้โดยใส่ค่าที่ต้องการจะเลื่อนครั้งละเท่าไร จากนั้นคลิกที่ปุ่ม Left หรือปุ่ม Right เพื่อเลื่อนกราฟไปทางซ้ายและทางขวาตามลำดับ



รูปที่ 5.8 หน้าจอของโปรแกรมส่วนตรวจสอบอาวุธปืน ในส่วนของการค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 โปรแกรมเปรียบเทียบอาวุธปืนจากปลอกกระสุนปืน

เนื่องจากปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่มีการจัดเก็บฐานข้อมูลของอาวุธปืน คณะผู้จัดทำจึงได้พัฒนาโปรแกรมเฉพาะสำหรับเปรียบเทียบอาวุธปืนจากปลอกกระสุนปืน ซึ่งโปรแกรมนี้ใช้สำหรับเปรียบเทียบอาวุธปืนจากภาพถ่ายปลอกกระสุนปืนสองภาพเพื่อพิสูจน์ทราบว่าปลอกกระสุนปืนนี้ยังมาจากอาวุธปืนกระบอกเดียวกันหรือไม่



รูปที่ 5.9 หน้าจอของโปรแกรมเปรียบเทียบอาวุธปืนจากปลอกกระสุนปืน

จากรูปที่ 5.9 จะเป็นหน้าจอของโปรแกรม โดยโปรแกรมนี้จะเปรียบเทียบข้อมูลจากภาพถ่ายปลอกกระสุนปืนสองภาพ ซึ่งข้อมูลที่วิเคราะห์คือข้อมูลค่าระดับความเข้มเทาของปลอกกระสุนปืนและค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ ซึ่งถ้าภาพถ่ายปลอกกระสุนปืนทั้งสองยังมาจากอาวุธปืนกระบอกเดียวกันแล้วนั้น ค่าระดับความเข้มเทาและค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 หน้าจอของโปรแกรมขณะเลือกขนาดของอาวุธปืน



รูปที่ 5.11 หน้าจอของโปรแกรมขณะทำการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

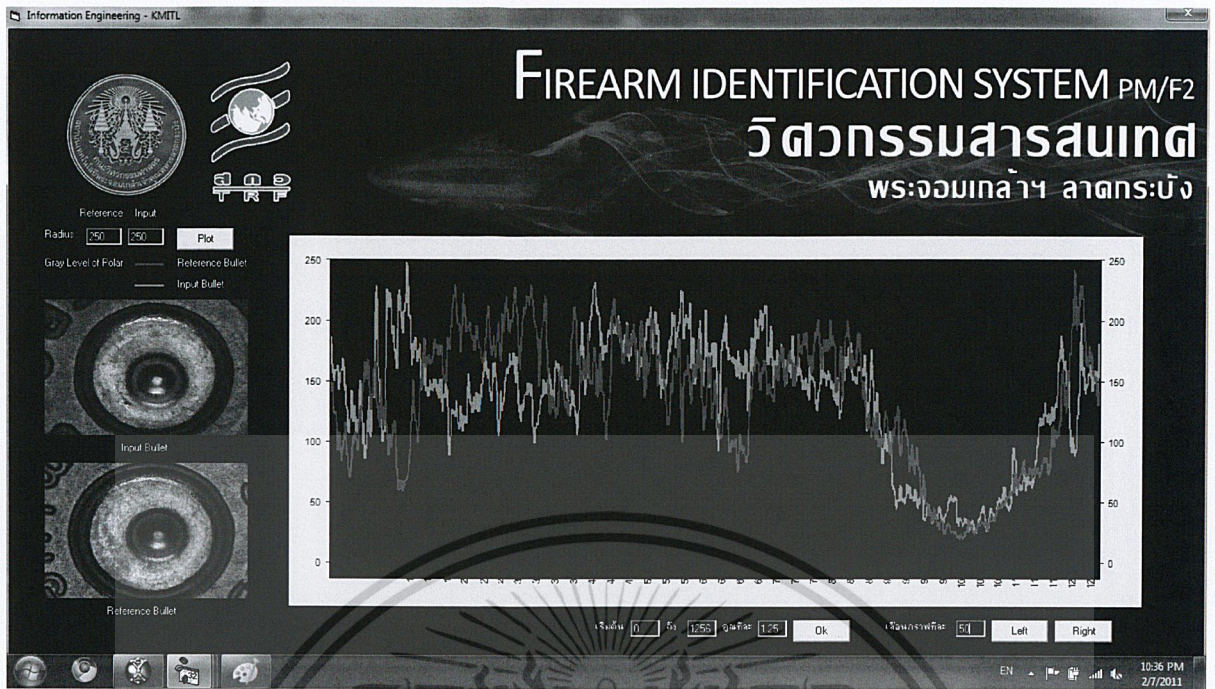


รูปที่ 5.12 หน้าจอของโปรแกรมหลังจากทำการประมวลผลเสร็จสิ้น



รูปที่ 5.13 หน้าจอของโปรแกรมในส่วนการเปรียบเทียบค่าระดับความเข้มเทาของอาวุธปืนที่ยิงมาจากปืนกระบอกเดียวกัน ในขณะที่ยังไม่เลื่อนกราฟ

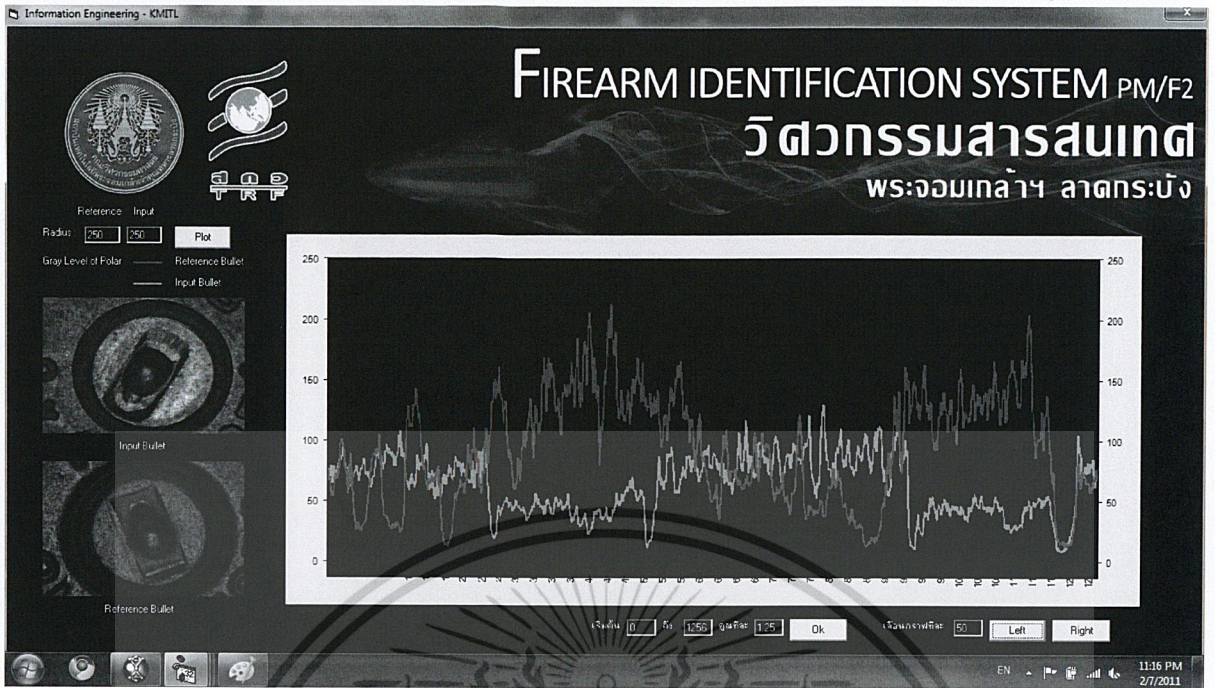
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



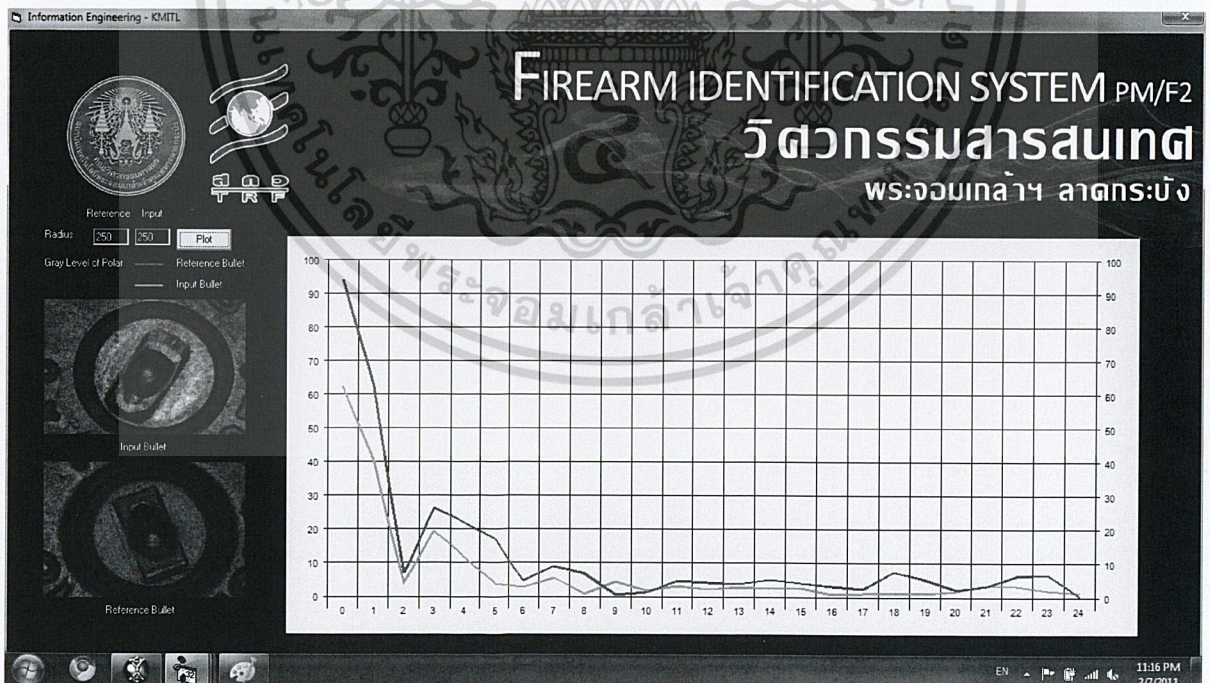
รูปที่ 5.14 หน้าจอของโปรแกรมในส่วนการเปรียบเทียบค่าระดับความเข้มเทาของอาวุธปืนที่ยิงมาจากปืนกระบอกเดียวกัน หลังจากทำการเลื่อนกราฟ ซึ่งปลดออกกระสุนปืนที่ยิงมาจากอาวุธปืนกระบอกเดียวกันนั้นจะมีค่าระดับความเข้มเทาที่ใกล้เคียงกัน



รูปที่ 5.15 หน้าจอของโปรแกรมส่วนการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ ซึ่งปลดออกกระสุนปืนที่ยิงมาจากอาวุธปืนกระบอกเดียวกันนั้นจะมีค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่ใกล้เคียงกัน ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



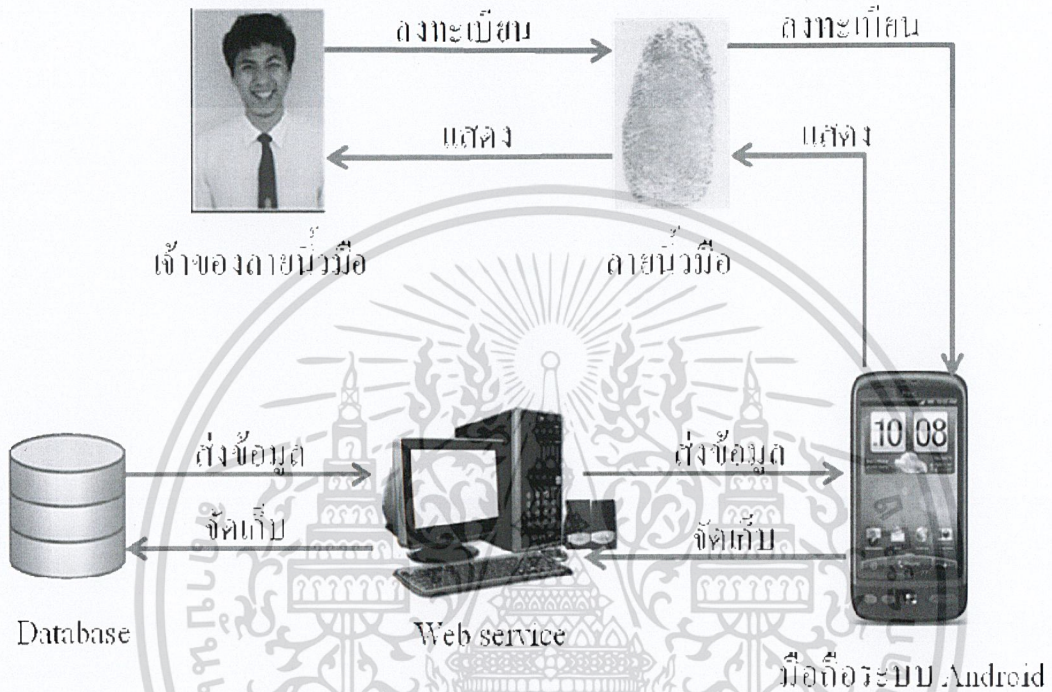
รูปที่ 5.16 หน้าจอของโปรแกรมในส่วนการเปรียบเทียบค่าระดับความเข้มเทาของอาวุธปืนที่ยิงมาจากปืนคนละกระบอก ซึ่งพลอกกระสุนปืนที่ยิงมาจากอาวุธปืนคนละกระบอกนั้นจะมีค่าระดับความเข้มเทาที่ต่างกัน



รูปที่ 5.17 หน้าจอของโปรแกรมส่วนการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของอาวุธปืนที่ยิงมาจากปืนคนละกระบอก ซึ่งพลอกกระสุนปืนที่ยิงมาจากอาวุธปืนคนละกระบอกนั้นจะมีค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่ต่างกัน กรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 โปรแกรมตรวจสอบลายนิ้วมือจากคาร์ท์มือถือ

โปรแกรมนี้ใช้สำหรับตรวจสอบลายนิ้วมือจากภาพถ่ายลายนิ้วมือ ซึ่งโปรแกรมนี้จะแบบเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนการลงทะเบียน และ ส่วนการตรวจสอบลายนิ้วมือ โดยสร้างแอปพลิเคชันบนมือถือระบบแอนดรอยด์ ดังรูป



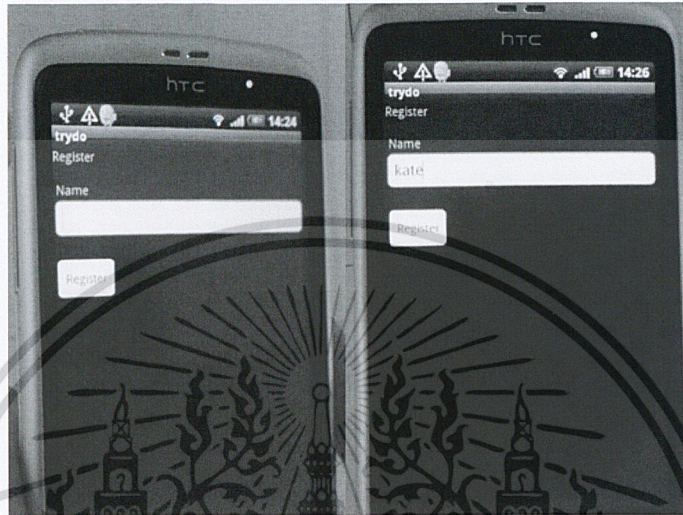
รูปที่ 5.18 รูปแสดงทิศทางการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1 ส่วนลงทะเบียน

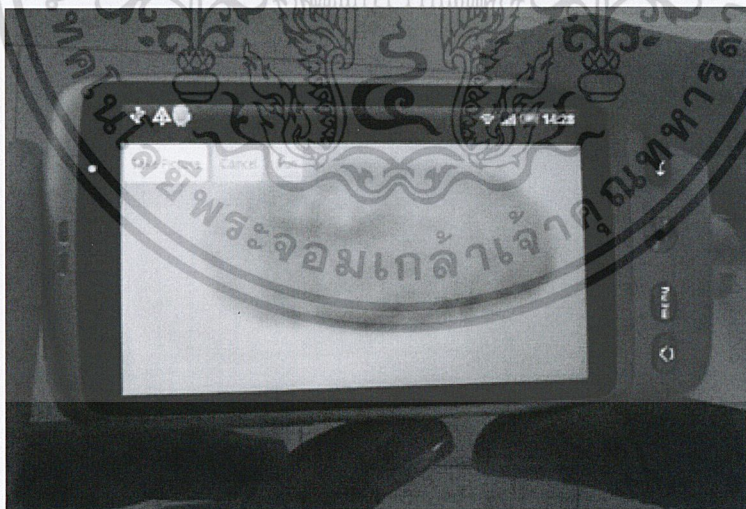
ในส่วนของการลงทะเบียนสร้างขึ้นเพื่อเก็บข้อมูลของภาพและชื่อของเจ้าของลายนิ้วมือ เพื่อนำไปเป็นฐานข้อมูลในส่วนของการตรวจสอบลายนิ้วมือต่อไป

ในหน้าลงทะเบียนให้เจ้าของลายนิ้วมือพิมพ์ชื่อก่อนกดปุ่มรีจิสเตอร์เพื่อเข้าส่วนถ่ายภาพ



รูปที่ 5.19 หน้าลงทะเบียน

จากนั้นถ้ารูปลายนิ้วมือที่ต้องการจัดเก็บ แล้วกดปุ่ม Take Picture เพื่อทำการถ่ายภาพจากนั้นกดปุ่ม Run เมื่อต้องการรันโปรแกรม หรือกดปุ่ม Cancel เมื่อต้องการถ่ายรูปใหม่อีกครั้ง



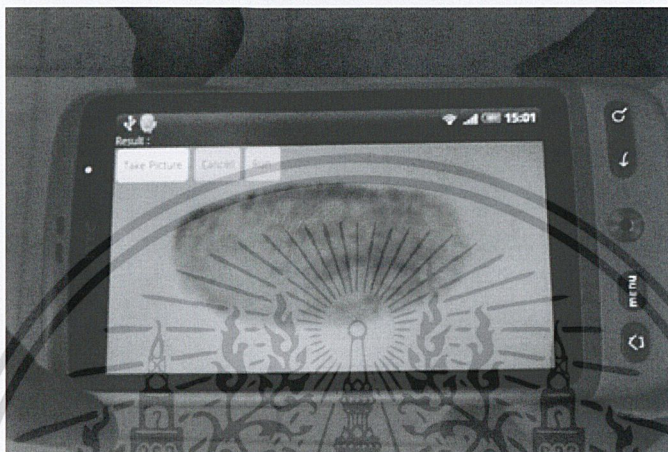
รูปที่ 5.20 หน้าถ่ายรูปลายนิ้วมือที่เก็บมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1 ส่วนการตรวจสอบลายนิ้วมือ

ในส่วนการตรวจสอบลายนิ้วมือนั้นสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบว่าลายนิ้วมือนั้นตรงกับลายนิ้วมือใดในฐานข้อมูลที่ได้ทำการจัดเก็บไว้แล้ว

ถ่ายรูปลายนิ้วมือที่ต้องการจัดเก็บแล้วกดปุ่ม Take Picture เพื่อทำการถ่ายภาพจากนั้นกดจากนั้นกดปุ่ม Run เมื่อต้องการรันโปรแกรม หรือกดปุ่ม Cancel เมื่อต้องการถ่ายรูปใหม่อีกครั้ง



รูปที่ 5.22 หน้าตรวจสอบลายนิ้วมือ

โดยผลที่ได้จะแสดงอยู่ด้านบนทางซ้ายมือ



รูปที่ 5.23 ผลการตรวจสอบลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการดำเนินโครงการ

6.1 สรุปผลการทดลอง

ในโครงการเรื่องการเปรียบเทียบภาพทางนิติวิทยาศาสตร์ (Visual Inspection for Forensic Science) ได้เสนอการเปรียบเทียบภาพทางนิติวิทยาศาสตร์สองวิธี คือการเปรียบเทียบภาพของปลอกกระสุนปืน และการเปรียบเทียบภาพของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ โดยคณะผู้จัดทำโครงการได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบปืนจากปลอกกระสุนปืน ทำการทดลองทฤษฎีที่ใช้ในการเปรียบเทียบปืนจากปลอกกระสุนปืนและพัฒนาโปรแกรมตรวจสอบปืนจากปลอกกระสุน และศึกษาการเปรียบเทียบลายนิ้วมือด้วยทฤษฎีต่างๆ ทำการทดลองทฤษฎีการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ และพัฒนาโปรแกรมตรวจสอบลายนิ้วมือบนมือถือ ซึ่งผลการทดลองในด้านการเปรียบเทียบภาพของปลอกกระสุนปืนก็สามารถแยกได้เป็นที่น่าพอใจ แต่ยังมีปัญหาในเรื่องการสะท้อนของแสงและสีของงานทำของปลอกกระสุนปืนที่แตกต่างกัน ส่วนของการเปรียบเทียบลายนิ้วมือผลการทดลองในด้านการเปรียบเทียบภาพลายนิ้วมือสามารถเปรียบเทียบได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังมีปัญหาเรื่องแสงและความคมชัดของลายนิ้วมือ เนื่องจากคณะผู้จัดทำใช้ผงดำในการจัดเก็บลายนิ้วมือทำให้คุณภาพของภาพลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำกว่าการใช้เครื่องสแกนลายนิ้วมือ และลายนิ้วมือที่ใช้ผงดำในการเก็บลายนิ้วมือโดยใช้กล้องภาพที่ได้พบว่าเส้นลายนิ้วมือขาดหายไปจึงทำให้ประสิทธิภาพในการตรวจสอบไม่ดีเท่าที่ควร

6.2 ปัญหาและอุปสรรคของการดำเนินโครงการ

6.2.1 การตรวจสอบปืนจากปลอกกระสุนปืน

- ภาพที่ใช้ในการทดลองยังมีความละเอียดไม่เพียงพอ ทำให้คุณสมบัติที่สำคัญบางอย่างหายไป
- อุปกรณ์ส่องสว่างที่ใช้ ใช้ส่องแค่เพียงในแนวตั้งฉากกับปลอกกระสุนปืน ทำให้รอยที่สำคัญบางรอยไม่แสดงให้เห็น จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ส่องสว่างบริเวณด้านข้างเพื่อให้เกิดรอยขึ้น
- งานทำของปลอกกระสุนปืนมีความแตกต่างกันของสีตามชนิด โลหะตรงบริเวณจอกเก็บ

6.2.2 การตรวจสอบลายนิ้วมือ

- อุปกรณ์ที่ใช้เก็บภาพลายนิ้วมือยังมีคุณภาพไม่เพียงพอ ทำให้ภาพที่ได้บางส่วนขาดหายไป
- โปรแกรมในการหาจุดอ้างอิงของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือยังมีข้อผิดพลาด ทำให้จุดอ้างอิงคลาดเคลื่อน
- ความละเอียดของกล้องบนโทรศัพท์มือถือมีความละเอียดไม่เพียงพอของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 แนวทางการพัฒนาโครงการ

6.3.1 การตรวจสอบปีนจากปลอกกระสุนปืน

- พัฒนาระบบการตรวจสอบและวิธีการดิงลักษณะเด่น
- แก้ไขปัญหาเรื่องการสะท้อนของแสงและคุณภาพของภาพถ่าย

6.3.2 การตรวจสอบลายนิ้วมือ

- พัฒนาระบบการตรวจสอบลายนิ้วมือให้ดียิ่งขึ้น
- พัฒนาโปรแกรมตรวจสอบลายนิ้วมือบนมือถือให้ดียิ่งขึ้น
- เพิ่มเติมฟังก์ชันถอดไฟฟ้สบนมือถือเพื่อให้ได้ภาพที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] P.Thumwarin, C.Prasit and T.Matsuura,"FIR Coin Recognition System Characterizing A Rotation Invariance Feature of Coin Image", **International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology**, pp.250-253, 2007.
- [2] P.Thumwarin, C.Prasit and T.Matsuura,"Firearm Identification based on Rotation Invariant Feature of Cartridge Case Image", **Proceeding of SICE Annual Conference 2008**, Aug. 2008, pp 045-049, 2008.
- [3] P.Thumwarin, C.Prasit, T.Suwanvesh and T.Matsuura, "FIR Firearm Identification System", **Asia Simulation Conference 2009 (JSST 2009)**.
- [4] http://www.atmel.com/dyn/products/datasheets.asp?family_id=607 (วันที่ค้นข้อมูล: 7 กันยายน 2553).
- [5] <http://www.nordicsemi.no> (วันที่ค้นข้อมูล: 7 กันยายน 2553).
- [6] <http://www.navyshooting.com/repairgun/63--cycle-of-fire-steps.html> (วันที่ค้นข้อมูล: 7 กันยายน 2553).
- [7] <http://www.thaitelecomkm.org> (วันที่ค้นข้อมูล: 7 กันยายน 2553).
- [8] <http://java.sun.com> (วันที่ค้นข้อมูล: 5 มกราคม 2554).
- [9] <http://www.eclipse.org/> (วันที่ค้นข้อมูล: 5 มกราคม 2554).
- [10] <http://code.google.com/android/> (วันที่ค้นข้อมูล: 5 มกราคม 2554).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

วิธีการติดตั้งโปรแกรมแอนดรอยด์ในคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของโทรศัพท์ อันดับแรกเราต้องเริ่มทำการติดตั้งตัวโปรแกรมที่จะใช้ในการเขียนลงบนโทรศัพท์และจำลองหน้าตาของโปรแกรมบนโทรศัพท์หรือหน้าinterfaceของโทรศัพท์ขึ้นมาั่นเอง โดยเราจะทำการติดตั้งตัวโปรแกรมที่เรากล่าวมานั้นบนคอมพิวเตอร์ของเรา เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานก่อนทำการติดตั้งลงบนโทรศัพท์จริง

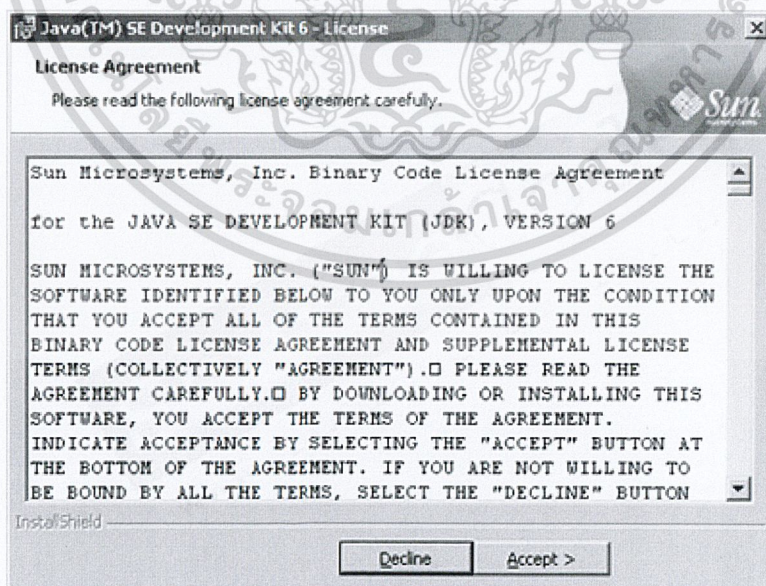
ลำดับแรกคือจัดเตรียมโปรแกรม

สิ่งที่เราต้องทำการจัดเก็บมีดังนี้

- Java SDK สามารถดาวน์โหลดได้จาก<http://java.sun.com> (jdk-6-windows-i586.exe)
- Eclipse 3.4.1 Ganymede for Java EE developer สามารถดาวน์โหลดได้จาก<http://www.eclipse.org/> (eclipse-jee-ganymede-SR1-win32.zip)
- Android SDK สามารถดาวน์โหลดได้จาก<http://code.google.com/android/> (android-sdk-windows-1.0_r1.zip)

การติดตั้งโปรแกรม

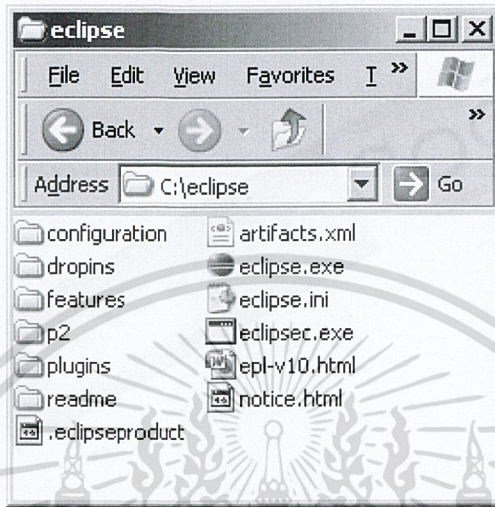
การติดตั้งเริ่มจากติดตั้งก่อน Java SDK (ไฟล์ jdk-6-windows-i586.exe) ดังรูป



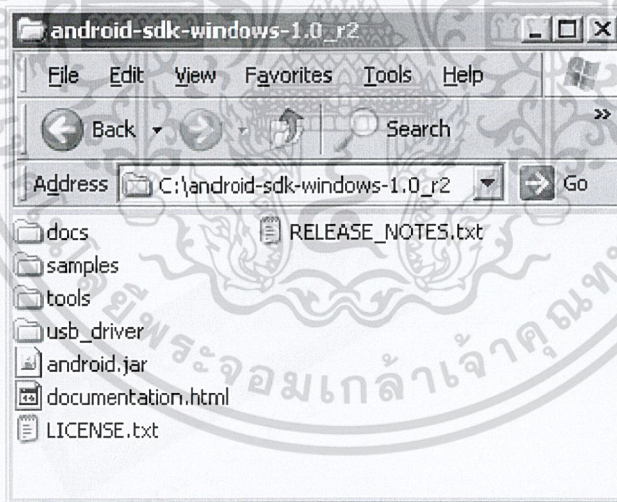
รูป ก.1 ขั้นตอนในการติดตั้งแอนดรอยด์บนคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นให้ทำการคลีไฟล์ eclipse-jee-ganymede-SR1-win32.zip และไฟล์ android-sdk-windows-1.0_r1.zip ไปยัง path ที่ต้องการ(ในที่นี้จะเลือกเป็น C:\) ดังรูป



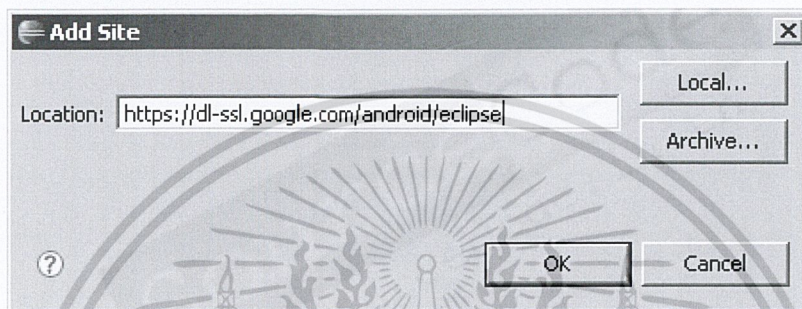
รูป ก.2 ขั้นตอนในการติดตั้งแอนดรอยด์บนคอมพิวเตอร์



รูป ก.3 ขั้นตอนในการติดตั้งแอนดรอยด์บนคอมพิวเตอร์

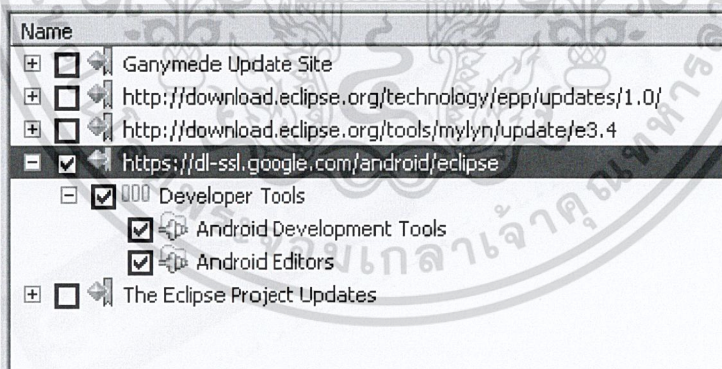
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เปิดโปรแกรม Eclipse เพื่อใช้งาน (C:\eclipse\eclipse.exe)
- คลิกเลือกที่เมนู Help > Software Updates...
- ที่หน้าต่าง Software Update and Add-ons ให้คลิกเลือก Available Software
- คลิกที่ปุ่ม Add Site...
- ทำการป้อน <https://dl-ssl.google.com/android/eclipse/> ลงในช่อง Location ดังรูป



รูป ก.4 ขั้นตอนในการติดตั้งแอนดรอยด์บนคอมพิวเตอร์

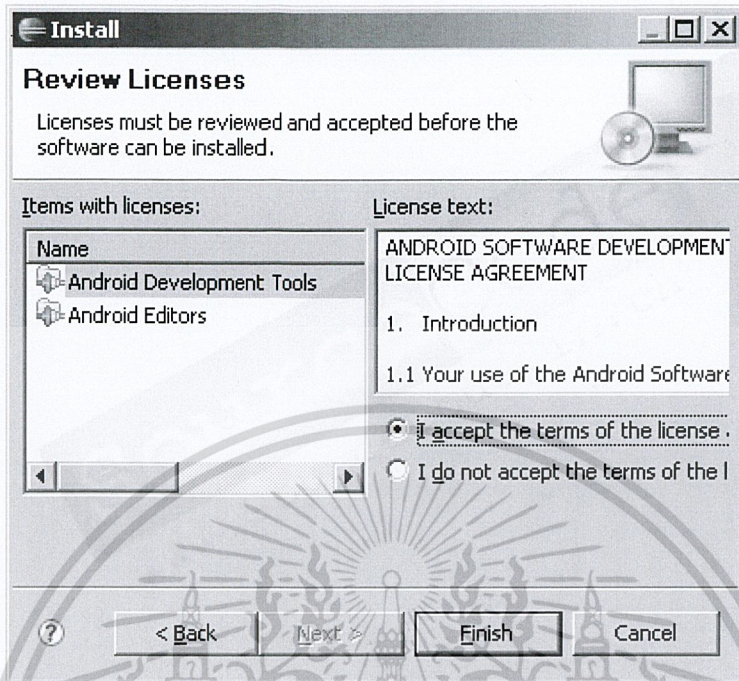
- คลิกปุ่ม OK
- ที่หน้าต่างซ้ายมือ ให้ทำการคลิกเลือก รายการของ Android ดังรูป



รูป ก.5 ขั้นตอนในการติดตั้งแอนดรอยด์บนคอมพิวเตอร์

- คลิกที่ปุ่ม Install...
- รอการดาวน์โหลด คลิกปุ่ม Next
- เลือกยืนยันการติดตั้ง
- คลิกปุ่ม Finish ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.6 ขั้นตอนในการติดตั้งแอนดรอยด์บนคอมพิวเตอร์

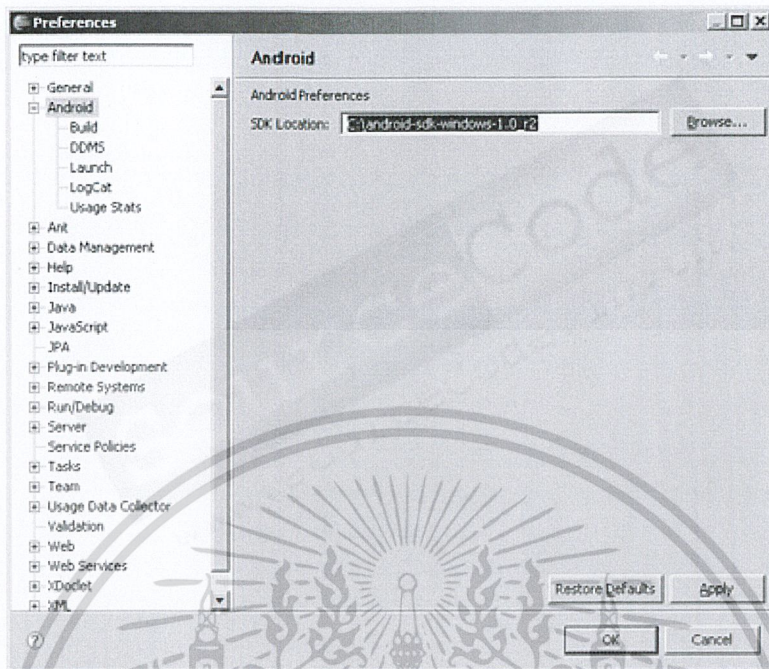
- รอนจนเสร็จสิ้นกระบวนการ

การเลือกจัดเก็บไฟล์

หลังจากการติดตั้งเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ

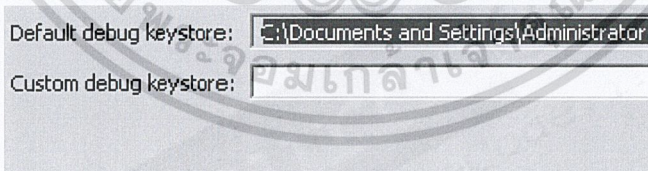
- เปิดโปรแกรม Eclipse เพื่อใช้งาน (C:\eclipse\eclipse.exe)
- คลิกเลือกที่เมนู Window > Preferences
- ที่หน้าต่าง Preferences เลือกที่รายการ Android
- ทำการป้อน ค่า path ของ Android SDK (C:\android-sdk-windows-1.0_r2) ลงในช่องของ **SDK Location** ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.7 ขั้นตอนในการติดตั้งแอนดรอยด์บนคอมพิวเตอร์

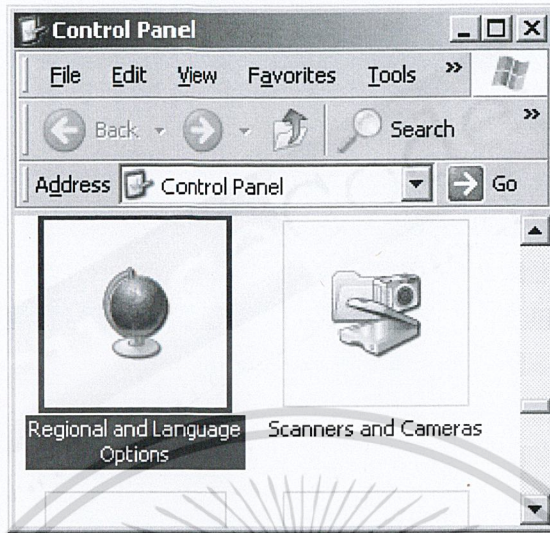
- ทำการคลิกเลือกที่รายการ Android > Build
- ทำการคัดลอก path ของ **Default debug keystore** เอาไว้ (ในที่นี้คือ C:\Documents and Settings\Administrator.[ชื่อเครื่อง]\Local Settings\Application Data\Android\)



รูป ก.8 ขั้นตอนในการติดตั้งแอนดรอยด์บนคอมพิวเตอร์

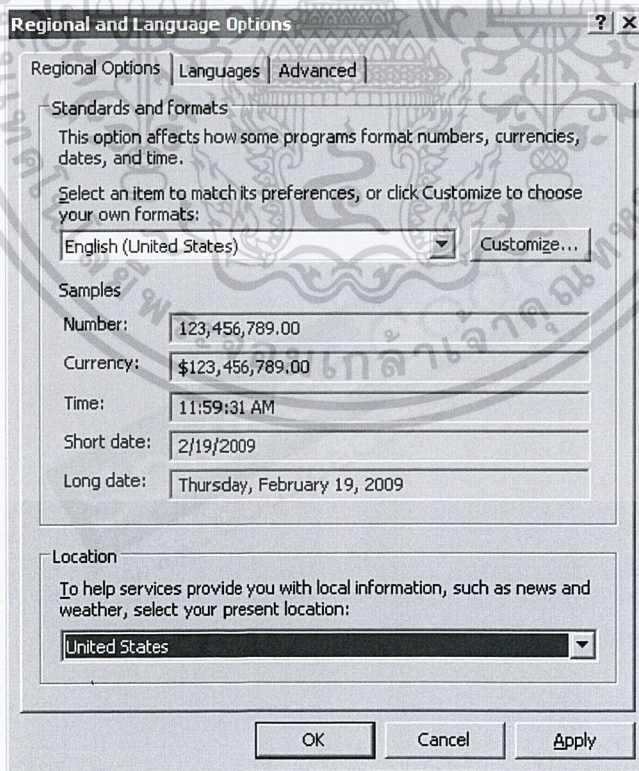
- ทำการลบไฟล์ debug.keystore ที่อยู่ตาม path ของ **Default debug keystore**
- ทำการปิดโปรแกรม Eclipse
- ทำการคลิก **Regional and Language Options** ที่อยู่ภายใน Control Panel ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.9 ขั้นตอนในการติดตั้งแอนดรอยด์บนคอมพิวเตอร์

- ทำการเลือกภาษาเป็น English (United States) และ United States ดังรูป
- ทำการคลิกปุ่ม OK



รูป ก.10 ขั้นตอนในการติดตั้งแอนดรอยด์บนคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข.

ขั้นตอนในการเก็บลายนิ้วมือแบบผงฝุ่นดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการเก็บลายนิ้วมือแบบผงฝุ่นดำ

ในการเก็บลายนิ้วมือแบบผงฝุ่นดำนั้น เราจะทำการเก็บลายนิ้วมือในสถานที่ที่มีลักษณะปิด ไม่มีลม เนื่องจากผงฝุ่นดำนั้น มีลักษณะที่มีขนาดเล็กมาก น่าจะมีขนาดอยู่ในระดับไมครอน ซึ่งถือว่ามีความละเอียดมากๆ ถ้าไม่อยู่ในสถานที่ที่มีลักษณะปิด ผงฝุ่นอาจเกิดการปลิวได้



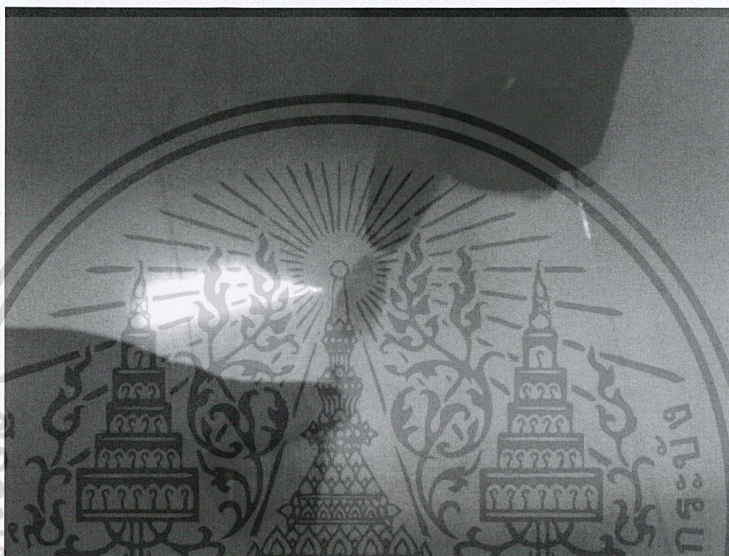
รูป ข.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเก็บลายนิ้วมือ

จากรูปจะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาลายนิ้วมือจากผงฝุ่นดำ ซึ่งประกอบด้วย ผงฝุ่นดำ แปรงปัดต้องมีลักษณะขนที่ละเอียด กระดาษใส กรรไกร และเทปขาว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูป ข.2 ขั้นตอนในการหาลายนิ้วมือ มอนูญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

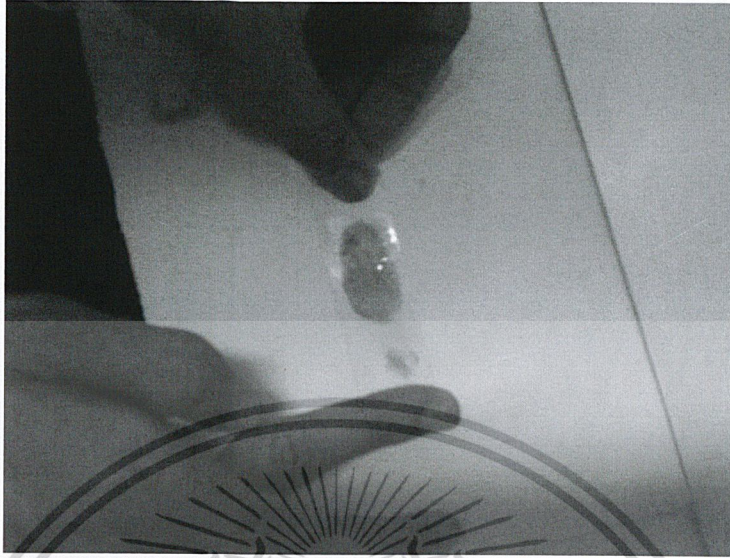
เมื่อเราทำการบีบคลายนิ้วมือเรียบร้อยแล้ว จากรูปเราจะเริ่มทำการเก็บคลายนิ้วมือโดยการนำแปรงปัดจุ่มผงฝุ่นดำ โดยควรจุ่มในปริมาณที่เหมาะสม อย่าให้มากเกินไป เนื่องจาก ถ้าเราทำการจุ่มในปริมาณที่มากเกินไป เมื่อนำแปรงนั้นมาปัดหลายนิ้วมือที่เราต้องการ รูปคลายนิ้วมือที่เกิดขึ้นมานั้นจะมีลักษณะที่เข้ม และ จะเป็นการเปลืองผงฝุ่นดำ และจะเป็นปัญหาต่อมาก็คือ ปัญหาที่จะทำการเปรียบเทียบในส่วนของทางด้าน โปรแกรม โดยในขณะที่เราทำการบีบคลายนิ้วมือนั้น เราควรปิดไปในทิศทางเดียวกัน แะะปิดเบาๆ ไม่ควรปิดแรง



รูป ข.3 ขั้นตอนในการหาคลายนิ้วมือ

เมื่อเราทำการบีบคลายนิ้วมือจนขึ้นรูปเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จากนั้นจากรูปเราจะทำการลอกคลายนิ้วมือจากกระดูกขึ้นมาด้วยสก็อตเทป โดยเราจะตัดสก็อตเทปที่มีขนาดเหมาะสมกับคลายนิ้วมือ จากนั้นก็แปะไปบนคลายนิ้วมือที่เราต้องการที่จะคัดลอกขึ้นมา โดยในขณะที่เราทำการคัดลอกขึ้นมานั้น ต้องทำการไล่อากาศที่มีอยู่ในสก็อตเทปให้หมด และทำการเกลี่ยเทปกาวให้แนบสนิทกับกระดูก จากนั้นเราก็ลอกคลายนิ้วมือนั้นขึ้นมาจากกระดูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ข.4 ขั้นตอนในการหาลายนิ้วมือ

จากรูปเมื่อเราทำการลอกลายนิ้วมือจากกระจกเสร็จเรียบร้อยแล้ว เราจะนำเทปขาวที่มีลายนิ้วมือนั้นไปติดลงบนกระดาษที่มีสีขาวยุ เพราะจากเพื่อที่จะให้ลายนิ้วมือนั้นมีลักษณะที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เพื่อให้เห็นชัดและจะสามารถเปรียบเทียบได้ง่ายขึ้นเมื่อเข้าไปสู่ในการเปรียบเทียบทางด้านโปรแกรม



รูป ข.5 ขั้นตอนในการหาลายนิ้วมือจากรูปเป็นลายนิ้วมือ ที่เราทำการจัดเก็บบนกระดาษที่มีสีขาวยุเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จากนั้นเราก็นำรูปที่ได้ไปทำการจัดเก็บในฐานข้อมูล หรือ รอเพื่อทำการเปรียบเทียบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



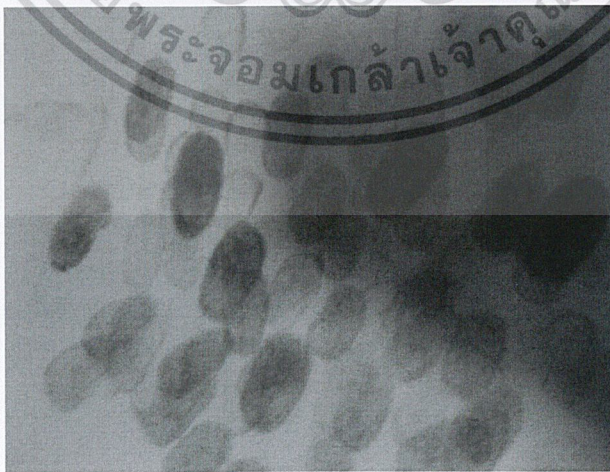
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการเก็บลายนิ้วมือแบบหมึกพิมพ์

ในการเก็บลายนิ้วมือแบบหมึกพิมพ์นั้นมึวิธีการจัดเก็บที่ง่าย และ สะดวกกว่าแบบผงฝุ่นดำแต่ในการจัดเก็บแบบนี้หมึกนั้น ต้องมีการทดลองเพื่อกะขนาดน้ำหนักของนิ้วมือ เพื่อให้ได้รูปลายนิ้วมือที่ดีที่สุดเมื่อเราทำการจัดเก็บลายนิ้วมือเพื่อลงในฐานข้อมูลของเรา



รูป ค.1 อุปกรณ์ในการหาลายนิ้วมือแบบหมึกพิมพ์



รูป ค.2 ขณะทำการกะน้ำหนักในการพิมพ์ลายนิ้วมือแบบหมึกพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ - นามสกุล : จรัส แก้ว เกษมทิน

ชั้นปี : 4 รหัสนักศึกษา : 5041421



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ - นามสกุล: น.ส.พิมพ์พักร์ โกรจน์โผลลาเสด็จยง

ชั้นปี: 1 รหัสนักศึกษา: 53011183



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ - นามสกุล : รศ. กาญจน์ บงกชวงศ์ ชั้นปี : 2 รหัสนักศึกษา : 52050300



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ - นามสกุล: นาง ไกรวดี ลิ้มพิทพาล

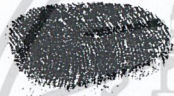
ชั้นปี: 1 รหัสนักศึกษา: 5301C142



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ - นามสกุล : พรกมล . ดิษฐไธสง
๗๐

ชั้นปี : ๑ รหัสนักศึกษา : 5301๗๐๕๑



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ.

ตัวอย่างการเก็บลายนิ้วมือแบบผงดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ - นามสกุล : วิสาธรณ์ สุวณ ชั้นปี : 4 รหัสนักศึกษา : 50010412



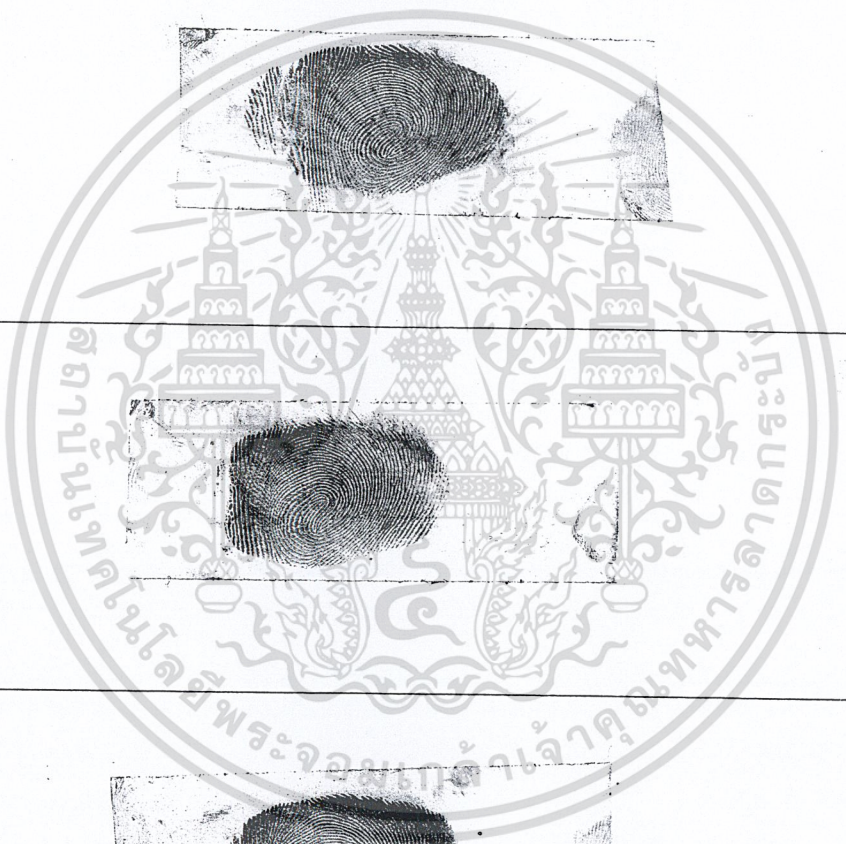
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงโซเชียลมีเดียและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ - นามสกุล : นายชัยยุทธ ฟูงไค้วเวงโรญ

ชั้นปี : ๑ รหัสนักศึกษา : ๒๑๐๑๐๒๕๘



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับศึกษาเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและที่ยังอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

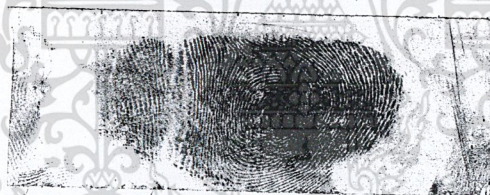
ชื่อ - นามสกุล : อภิรักษ์ ทรัพย์ ชั้นปี : 1 รหัสนักศึกษา : 53011856



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงแก่เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงผู้เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ... ศึกษานี้... อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุที่เปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้