

การระบุอัตลักษณ์บุคคลโดยใช้ระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อ

เมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

PERSONAL IDENTIFICATION USING THE DISTANCE AND TRIANGLE

BETWEEN THE METACARPOPHALANGEAL JOINT



นายศิวา สระทองखा

SIWA SRATHONGKRO

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์  
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PERSONAL IDENTIFICATION USING THE DISTANCE AND TRIANGLE  
BETWEEN THE METACARPOPHALANGEAL JOINT



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE  
REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER IN APPLIED PHYSICS  
DEPARTMENT OF PHYSICS SCHOOL OF SCIENCE  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2021

KMITL-2021-SC-M-030-042

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2021

SCHOOL OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การระบุอัตลักษณ์บุคคลโดยใช้ระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

นักศึกษา

นายศิวา สระทองขาว

รหัสประจำตัว

61605082

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชา

ฟิสิกส์

พ.ศ.

2564

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพล โขลนกระโทก

### บทคัดย่อ

การระบุอัตลักษณ์บุคคลโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล (Metacarpophalangeal Joint) ในการศึกษาประกอบไปด้วยระบบถ่ายภาพซึ่งถูกพัฒนาสำหรับการถ่ายภาพหลังมือ ขั้นตอนหนึ่งภาพหลังมือถูกถ่ายด้วยกล้องอินฟราเรด ขั้นตอนที่สองภาพถ่ายหลังมือถูกแปลงเป็นภาพสีเทาและภาพไบนารีด้วยกระบวนการประมวลผลภาพ หลังจากนั้นการหาระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล จะถูกวัดระยะห่างระหว่างนิ้วชี้กับนิ้วกลาง นิ้วกลางกับนิ้วนาง และนิ้วนางกับนิ้วก้อย ตามลำดับ เมื่อทำการวัดระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลแล้วจะนำค่าของระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลไปทำการเข้ารหัสข้อมูล สำหรับการระบุอัตลักษณ์บุคคลจะใช้ความแตกต่างของระยะห่าง พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลและการเข้ารหัสข้อมูลของระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล เพื่อระบุอัตลักษณ์บุคคล ผลการวิจัยพบว่าระหว่างระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล สามารถใช้ในการระบุอัตลักษณ์บุคคลได้ เนื่องจากแต่ละบุคคลจะมีความแตกต่างกันของระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Thesis Title** PERSONAL IDENTIFICATION USING THE DISTANCE AND TRIANGLE BETWEEN THE METACARPOPHALANGEAL JOINT

**Student Name** Siwa Srathongkro

**Student ID** 61605082

**Degree** Master of Science (Applied Physics)

**Department** Physics

**Year** 2021

**Thesis Advisor** Asst.Prof.Dr. Bhanupol Klongratog



### Abstract

Personal identification using the distance among the metacarpophalangeal joints (MCPs) was presented in this study. The system was developed to specify the dorsal hand patterns. Firstly, the dorsal hand images were taken for the subjects via an infrared camera. Secondary, the dorsal hand images were converted to grayscale and binary images using image processing techniques. After that, the distance of the MCPs was measured by various the dorsal hand image including index to middle, middle to ring, ring to little, and index to little of the dorsal hand, respectively. In addition, the triangle area between index to middle, middle to ring, ring to little, and index to little of the dorsal hand were used to specify the dorsal hand patterns. The result of the distance and the triangle area of the MCPs can be used to identify a person because of the difference of distance and the triangle area of the MCPs of each person.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้เป็นอย่างดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพล โขลนกระโทก ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และ อาจารย์ ดร.ณัฐกฤษ สมดอ ก ที่คอยให้คำแนะนำและ คำปรึกษาในการทำงานมาโดยตลอดข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณอาจารย์คณาจารย์สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีพร้อมทั้งได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเพื่อน พี่ น้อง ทุกคนที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือด้านต่าง ๆ พร้อมทั้งให้กำลังใจเสมอมา สุดท้ายข้าพเจ้าขอขอบคุณ บิดา มารดา ที่สนับสนุนกำลังใจทรัพย์และค่าใช้จ่ายต่างๆ พร้อมทั้งให้กำลังใจ จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี แลขอบคุณญาติพี่น้องทุก ๆ คนที่ให้กำลังใจตลอดมา

ศิวา สระทองขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ส่วนประกอบของมือ	4
2.1.1 นิ้วมือ	4
2.1.2 ลายนิ้วมือ	5
2.1.3 กระดูกข้อมือ	5
2.1.4 กระดูกฝ่ามือ	6
2.1.5 กระดูกนิ้วมือ	7
2.1.6 ข้อต่อของนิ้วมือ	8
2.2 กระบวนการวิเคราะห์และระบุอัตลักษณ์บุคคล	9
2.2.1 การแยกพื้นที่ส่วนที่สนใจ	9
2.2.2 การประมวลผลภาพ	9
2.2.3 การเลือกพิกัดจุดของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลในแต่ละข้อนิ้ว	18
2.2.4 การคำนวณหาระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล ในแต่ละข้อนิ้ว	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.5 การคำนวณหาพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล	19
2.2.6 การเข้ารหัสข้อมูลด้วยโปรแกรม MATLAB	19
2.3 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	24
3.1 ระบบถ่ายภาพหลังมือ	24
3.2 การประมวลผลภาพ	25
3.2.1 การเตรียมรูปภาพสำหรับใช้ในการหาพิกัดจุดของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล	25
3.3 การคำนวณหาระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยม	27
3.4 การเข้ารหัสข้อมูลระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อ Metacarpophalangeal	29
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	30
4.1 การหาระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล	30
4.2 การหาพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล	31
4.3 การเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลด้วยโปรแกรม MATLAB	33
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	39
5.1 สรุปผลงานวิจัยเกี่ยวกับการหาระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล	39
5.2 สรุปผลงานวิจัยเกี่ยวกับการเข้ารหัสข้อมูลของระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล	40
เอกสารอ้างอิง	42
ภาคผนวก	43

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางสรุปผลวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	21
4.1 ระยะเวลาห่างระหว่างข้อต่อในแต่ละข้อของมือซ้าย	31
4.2 ระยะเวลาห่างระหว่างข้อต่อในแต่ละข้อของมือขวา	31
4.3 พื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อในแต่ละข้อของมือซ้าย	32
4.4 พื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อในแต่ละข้อของมือขวา	33
4.5 การเข้ารหัสข้อมูลของระยะเวลาห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลในมือซ้าย	34
4.6 การเข้ารหัสข้อมูลของระยะเวลาห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลในมือซ้าย	35
4.7 การเข้ารหัสข้อมูลของพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลในมือซ้าย	36
4.8 การเข้ารหัสข้อมูลของพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลในมือซ้าย	37



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ภาพแสดงส่วนประกอบของมือ	4
2.2	ภาพแสดงลักษณะของลายนิ้วมือ	5
2.3	(ก) มือขวา (ข) มือซ้าย ชั้นส่วนกระดูกที่เชื่อมระหว่างกระดูกแขนและกระดูกมือ	6
2.4	ภาพแสดงส่วนประกอบของกระดูกฝ่ามือ	7
2.5	ภาพแสดงกระดูกบริเวณข้อมือ	8
2.6	ข้อต่อของนิ้วมือ : วงกลมสีน้ำเงิน คือ Distal interphalangeal (DIP) joint วงกลมสีเขียว คือ Proximal interphalangeal (PIP) joint วงกลมสีแดง คือ Metacarpophalangeal (MCP) joint	8
2.7	(ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ภาพที่ทำการเลือกพื้นที่ส่วนที่สนใจ	9
2.8	ภาพแสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพ	11
2.9	โปรแกรม MATLAB และหน้าต่างการทำงาน	12
2.10	ภาพแสดงหน้าต่างทำงาน MATLAB	14
2.11	โปรแกรม ImageJ	15
2.12	ภาพระบบสีอาร์จีบี	16
2.13	ภาพระดับสีเทา	16
2.14	ภาพแสดงการแปลงจากอาร์จีบีเป็นภาพระดับสีเทา	17
2.15	ภาพแสดงการแปลงจากภาพระดับสีเทาเป็นภาพขาวดำ	17
2.16	ภาพแสดงการเลือกพิกัดจุดด้วยโปรแกรม ImageJ	18
2.17	แผนภาพแสดงการเข้ารหัสและถอดรหัส	19
3.1	(ก) ระบบการถ่ายภาพ (ข) ภาพถ่ายหลังมือ	25
3.2	(ก) มือซ้าย (ข) มือขวา ภาพตัวอย่างของภาพถ่ายหลังมือ ที่ได้รับการสนับสนุนจาก SUAS	25
3.3	ภาพแสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพด้วย MATLAB	26
3.4	ภาพแสดงการหาพิกัดจุดของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลด้วยโปรแกรม ImageJ	27
3.5	ภาพแสดงระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล	28

## สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
3.6	ภาพแสดงพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล	28
3.7	กระบวนการเข้ารหัสและถอดรหัสด้วยโปรแกรม MATLAB	29



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การระบุและตรวจสอบอัตลักษณ์บุคคลในปัจจุบันมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่น การสแกนลายนิ้วมือเพื่อเข้าถึงข้อมูลบัตรประชาชนของแต่ละบุคคลหรือการเข้าอาคารสถานที่ต่าง ๆ ที่กำหนดให้เข้าเฉพาะผู้ที่ได้รับอนุญาต การเข้าถึงการใช้งานของโทรศัพท์มือถือและแอปพลิเคชันต่าง ๆ ด้วยวิธีการสแกนลายนิ้วมือหรือใบหน้า [1-5] เป็นต้น จากที่กล่าวมา การสแกนลายนิ้วมือเพื่อเข้าถึงอาคารสถานที่ต้องใช้เครื่องสแกนลายนิ้วมือขึ้นเดียวกัน หรือการสแกนใบหน้าเพื่อใช้งานโทรศัพท์มือถือและแอปพลิเคชันต่าง ๆ ในสภาวะการแพร่กระจายของไวรัสโควิด 19 วิธีดังกล่าวจึงมีความเสี่ยงต่อการติดหรือแพร่กระจายไวรัสโควิด 19 การระบุและตรวจสอบอัตลักษณ์บุคคลด้วยภาพหลังมือจึงมีความน่าสนใจ เนื่องจากบุคคลนั้น ๆ ไม่ต้องถอดหน้ากากอนามัยหรือมีการสัมผัสกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ระบุและตรวจสอบอัตลักษณ์บุคคล งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการระบุและตรวจสอบอัตลักษณ์บุคคลด้วยภาพหลังมือ เช่น การใช้ภาพเส้นเลือดดำหลังมือ เส้นเลือดดำหลังมือจะมีลักษณะจำเพาะของแต่ละบุคคล [6-8] การใช้ลักษณะข้อต่อหลังมือแต่ละนิ้วมือ ลักษณะของริ้วรอยของข้อต่อหลังมือแต่ละนิ้วมือมีลักษณะแตกต่างกัน [9] จากที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการระบุอัตลักษณ์บุคคลด้วยการใช้ภาพเส้นเลือดดำใต้ผิวหนังหลังมือและใช้ลักษณะของข้อต่อหลังมือแต่ละนิ้วมือ อย่างไรก็ตามระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อหลังมือเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลก็เป็นสิ่งหนึ่งที่น่าสนใจศึกษาว่ามีลักษณะจำเพาะบุคคลเพื่อใช้ระบุอัตลักษณ์บุคคลได้หรือไม่อย่างไร

งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาความสัมพันธ์ของระยะห่างของข้อต่อหลังมือเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อหลังมือเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลระหว่างนิ้วชี้กับนิ้วกลาง นิ้วกลางกับนิ้วนางและนิ้วนางกับนิ้วก้อย เพื่อเป็นแนวทางในการนำข้อมูลข้างต้นไปใช้ในการระบุอัตลักษณ์บุคคลต่อไป

### 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) ศึกษาการหาระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลด้วยภาพถ่ายหลังมือ
- 2) ศึกษาการเข้ารหัสข้อมูลของระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลด้วยภาพถ่ายหลังมือ

### 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการระบุอัตลักษณ์บุคคลด้วยข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

1.3.1 ศึกษาการหาระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) ศึกษาการประมวลผลภาพสำหรับการหาระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลด้วยภาพถ่ายหลังมือ
- 2) ศึกษาการหาระยะห่างของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลด้วยภาพถ่ายหลังมือ
- 3) ศึกษาการทำพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลด้วยภาพถ่ายหลังมือ

1.3.2 ศึกษาการเข้ารหัสข้อมูลด้วยระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) ศึกษาการเข้ารหัสข้อมูลด้วยโปรแกรม MATLAB
- 2) วิเคราะห์การเข้ารหัสข้อมูลของระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

### 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

- 1) ศึกษาทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการระบุอัตลักษณ์บุคคลด้วยภาพถ่ายหลังมือ
- 2) ศึกษาส่วนประกอบของมือและเลือกส่วนประกอบของมือที่จะใช้ในการระบุอัตลักษณ์บุคคล
- 3) ศึกษาขั้นตอนการประมวลผลภาพเพื่อใช้ในการหาระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อบริเวณหลังมือ
- 4) ศึกษาขั้นตอนการเข้ารหัสข้อมูล
- 5) เมื่อได้วิธีการที่จะหาระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อบริเวณหลังมือแล้ว ทำการหาระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมในแต่ละช่วงของข้อต่อบริเวณหลังมือ
- 6) เมื่อได้ค่าของระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อบริเวณหลังมือแล้ว ทำการเข้ารหัสข้อมูลของค่าระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมที่บันทึกได้
- 7) สรุปผลงานวิจัยและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้ระบบระบุอัตลักษณ์บุคคลด้วยข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยประกอบไปด้วย 1) ส่วนประกอบของมือ 2) กระบวนการวิเคราะห์และการระบุอัตลักษณ์บุคคล 3) การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 2.1) ส่วนประกอบของมือ

มือ (Hand) คือ อวัยวะส่วนหนึ่งของร่างกายอยู่ต่อจากแขน ทำหน้าที่ในการหยิบจับสิ่งของ มีการนำส่วนประกอบของมือใช้ในการพิสูจน์หลักฐานเพื่อตรวจสอบอัตลักษณ์บุคคล เช่น การตรวจสอบลายนิ้วมือแฝงเพื่อหาหลักฐาน หรือเพื่อระบุอัตลักษณ์บุคคล [10] ซึ่งส่วนประกอบของมือมีดังต่อไปนี้

##### 2.1.1 นิ้วมือ

นิ้วมือ คือ ส่วนที่อยู่นอกสุดของมือ สามารถขยับไปมาได้มากกว่าฝ่ามือ นิ้วมือมีทั้งหมด 5 นิ้ว แสดงดังรูป 2.1

- นิ้วหัวแม่มือ หรือ นิ้วโป้ง (Thumb)
- นิ้วชี้ (Index finger)
- นิ้วกลาง (Middle finger)
- นิ้วนาง (Ring finger)
- นิ้วก้อย (Little finger)



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงส่วนประกอบของมือ [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.2 ลายนิ้วมือ

ลายนิ้วมือนั้นมีมาตั้งแต่กำเนิดและจะอยู่โดยไม่เปลี่ยนแปลงตลอดชีวิตเพราะสาเหตุนี้จึงทำให้ประชากรทั่วโลกลายนิ้วมือจะไม่เหมือนกันเลย ดังนั้นการพิมพ์ลายนิ้วมือจึงเป็นสิ่งที่มีความเฉพาะตัวบุคคล และสามารถใช้ในการจำแนกบุคคลแต่ละคนได้ชัดเจน รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะลายนิ้วมือในแต่ละแบบ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 คือ

- ลายนิ้วมือรูปก้นหอย
- ลายนิ้วมือรูปคลื่น
- ลายนิ้วมือรูปลูกคลื่นม้วน
- ลายนิ้วมือรูปภูเขา



รูปที่ 2.2 ภาพแสดงลักษณะของลายนิ้วมือ [11]

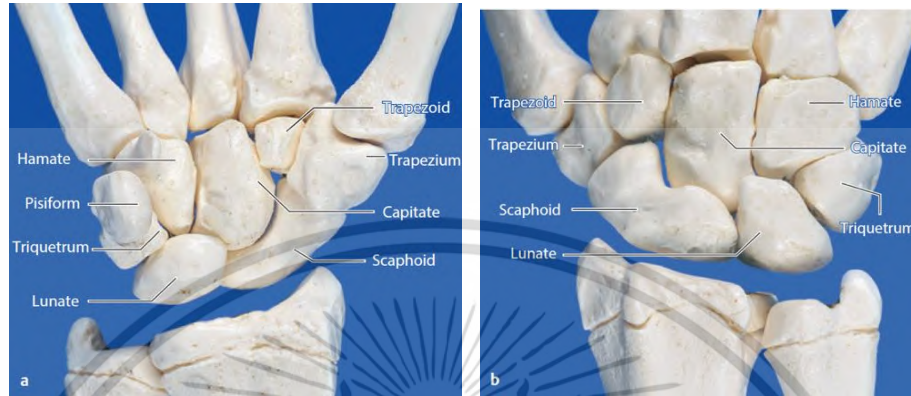
### 2.1.3 กระดูกข้อมือ

โครงสร้างกระดูกข้อมือประกอบไปด้วยกระดูกทั้งหมด 8 กระดูก อยู่เรียงติดกันเป็นแถว ซึ่งจะเชื่อมโยงกับกระดูกแขน แสดงได้ดังรูป 2.3 ซึ่งกระดูกในแต่ละส่วนประกอบไปด้วยชิ้นส่วนต่างๆดังนี้

- สแคฟฟอยด์ (Scaphoid bone)
- ลูเนท (Lunate bone)
- ไตรกีตรัล (Triquetral bone)
- พิสiform (Pisiform bone)
- ทราพีเซียม (Trapezium bone)
- ทราพีซอยด์ (Trapezoid bone)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แคปปีเตด (Capitate bone)
- ฮาเมด (Hamate bone)



รูปที่ 2.3 (ก) มือขวา (ข) มือซ้าย ชั้นส่วนกระดูกที่เชื่อมระหว่างกระดูกขานและกระดูกมือ [11]

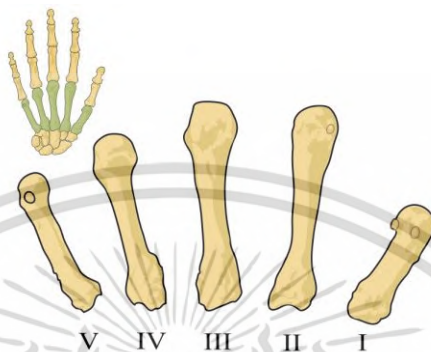
#### 2.1.4 กระดูกฝ่ามือ

โครงกระดูกฝ่ามือประกอบไปด้วย 5 ส่วนประกอบ แสดงดังรูป 2.4 ซึ่งมีส่วนประกอบทั้งหมดดังต่อไปนี้

- กระดูกฝ่ามือชิ้นที่ 1 หรือกระดูกฝ่ามือของนิ้วหัวแม่มือ (First metacarpal bone, metacarpal bone of the thumb) เป็นกระดูกที่รองรับหัวแม่มือ มีลักษณะสำคัญคือ สั้นและกว้างกว่ากระดูกฝ่ามือชิ้นอื่นเล็กน้อย
- กระดูกฝ่ามือชิ้นที่ 2 หรือกระดูกฝ่ามือของนิ้วชี้ (Second metacarpal bone, metacarpal bone of the index finger) เป็นกระดูกฝ่ามือชิ้นที่มีความยาวที่สุด รองรับนิ้วชี้และมีฐานที่มีขนาดใหญ่ เป็นกระดูกที่รองรับนิ้วชี้
- กระดูกฝ่ามือชิ้นที่ 3 หรือกระดูกฝ่ามือของนิ้วกลาง (Third metacarpal bone, metacarpal bone of the middle finger) เป็นกระดูกฝ่ามือที่รองรับนิ้วกลาง และมีขนาดเล็กกว่ากระดูกฝ่ามือชิ้นที่ 2 เล็กน้อย เป็นกระดูกที่รองรับนิ้วกลาง
- กระดูกฝ่ามือชิ้นที่ 4 หรือกระดูกฝ่ามือของนิ้วนาง (Fourth metacarpal bone, metacarpal bone of the ring finger) เป็นกระดูกฝ่ามือที่รองรับนิ้วนาง มีขนาดเล็กและสั้นกว่ากระดูกฝ่ามือชิ้นที่ 3 เป็นกระดูกที่รองรับนิ้วนาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กระดูกฝ่ามือชิ้นที่ 5 หรือกระดูกฝ่ามือของนิ้วก้อย (Fifth metacarpal bone, metacarpal bone of the little finger) เป็นกระดูกฝ่ามือชิ้นที่อยู่ด้านข้างลำตัวที่สุด เป็นกระดูกที่รองรับนิ้วก้อย

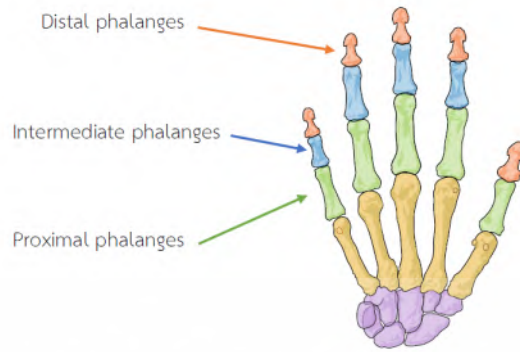


รูปที่ 2.4 ภาพแสดงส่วนประกอบของกระดูกฝ่ามือ [11]

#### 2.1.5 กระดูกนิ้วมือ

โครงกระดูกตรงนิ้วมือมีทั้งหมด 3 ชั้น แสดงดังรูป 2.5 มีส่วนประกอบดังนี้

- กระดูกชิ้นมือท่อนต้น (Proximal phalanges) เป็นกระดูกที่พบในรอยางค์ของสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังหลายชนิด ในมนุษย์กระดูกเหล่านี้เป็นกระดูกที่อยู่บริเวณโคนของนิ้วมือ มีลักษณะนูนออกมาสังเกตได้ชัด เรียกว่า ข้อนิ้วมือ
- กระดูกนิ้วมือท่อนกลาง (Intermediate phalanges) เป็นกระดูกที่พบในรอยางค์ของสัตว์มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่ในมนุษย์ กระดูกเหล่านี้เป็นกระดูกที่อยู่ทีปล้องกลางระหว่างข้อนิ้วของนิ้วมือ
- กระดูกนิ้วมือท่อนปลาย (Distal phalanges) เป็นกระดูกที่พบในรอยางค์ของสัตว์มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่ในมนุษย์ กระดูกเหล่านี้เป็นกระดูกนิ้วมือที่อยู่ปลายสุดของนิ้วมือ

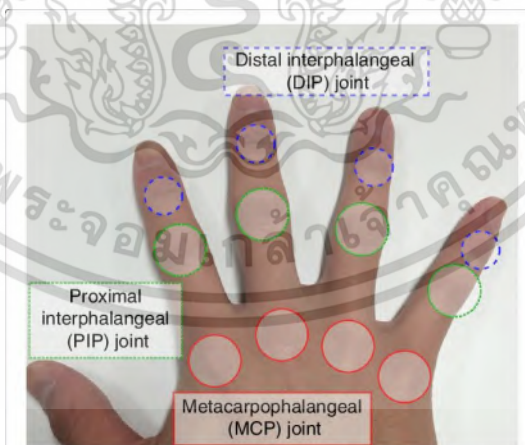


รูปที่ 2.5 ภาพแสดงกระดูกบริเวณนิ้วมือ [11]

### 2.1.6 ข้อต่อของนิ้วมือ

ข้อต่อของนิ้วมือแบ่งออกเป็น 3 ส่วน แสดงดังรูป 2.6 ประกอบด้วย

- คือ ข้อต่อแรกจากด้านบนสุดของนิ้ว เชื่อมระหว่างอวัยวะส่วนปลายและส่วนกลาง ซึ่งเป็นกระดูกสองชิ้นที่ปลายนิ้ว
- Proximal interphalangeal joint คือ ข้อต่อกลางนิ้วอยู่ระหว่างกระดูกสองชิ้นแรกของนิ้ว
- Metacarpophalangeal joint คือ ข้อต่อที่อยู่ตรงกับตำแหน่งของกระดูกมือส่วน metacarpal และ กระดูกนิ้ว phalanges



รูปที่ 2.6 ข้อต่อของนิ้วมือ : วงกลมสีน้ำเงิน คือ Distal interphalangeal (DIP) joint วงกลมสีเขียว คือ Proximal interphalangeal (PIP) joint วงกลมสีแดง คือ Metacarpophalangeal (MCP) joint [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 กระบวนการวิเคราะห์และระบุอัตลักษณ์บุคคล

ในกระบวนการวิเคราะห์และแยกแยะอัตลักษณ์บุคคลในงานวิจัยนี้จะใช้ข้อต่อในส่วนที่ 3 นับจากปลายนิ้ว คือ Metacarpophalangeal (MCP) joint ทฤษฎีและการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องมีดังต่อไปนี้

### 2.2.1 การแยกพื้นที่ส่วนที่สนใจ (Region of interest)

ขั้นตอนนี้จะเป็นการแยกพื้นที่ส่วนที่สนใจออกจากภาพถ่ายหลังมือที่ได้จากระบบถ่ายภาพตำแหน่งที่ใช้ในงานวิจัยคือ ตำแหน่งของข้อต่อ Metacarpophalangeal (MCP) joint เพื่อใช้ในการหาระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อ Metacarpophalangeal (MCP) joint แต่ละข้อของมือ ดังรูป 2.7 โดย (ก) คือ ภาพต้นฉบับ และ (ข) คือ ภาพที่ทำการเลือกพื้นที่ที่สนใจ



รูปที่ 2.7 (ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ภาพที่ทำการเลือกพื้นที่ส่วนที่สนใจ

### 2.2.2 การประมวลผลภาพ

1) การประมวลผลภาพ [12] คือ การนำภาพไปประมวลผลหรือคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงคุณภาพและปริมาณ ขั้นตอนสำคัญ คือ ทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น กำจัดสัญญาณรบกวนจากภาพ แบ่งส่วนที่สนใจในภาพ เพื่อนำไปหาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น รูปร่าง ทิศทาง และขนาด เราสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณไปวิเคราะห์และสร้างระบบเพื่อใช้งานด้านต่างๆ เช่น การจำลองนิ้วมือเพื่อตรวจสอบว่าเป็นของผู้ใด ระบบตรวจเช็คคุณภาพของการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ระบบคัดเลือกรุ่นและคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตร ระบบอ่านรหัสบาร์โค้ด ระบบจำใบหน้า สำหรับการเฝ้าระวังการก่อการร้าย จะเห็นว่าระบบการประมวลผลภาพสามารถทำงานได้อย่างมากมาย ซึ่งงานเหล่านี้หากใช้มนุษย์ในการวิเคราะห์จะใช้เวลานานและแรงงานสูง และหากต้องวิเคราะห์ภาพถ่ายเป็นจำนวนมากอาจจะทำให้ผู้วิเคราะห์เกิดโอกาสที่จะวิเคราะห์ผิดพลาดได้เนื่องจากมีโอกาสที่ผู้วิเคราะห์

จะเกิดอาการล่า คอมพิวเตอร์จึงสำคัญในการทำหน้าที่แทนมนุษย์เพราะคอมพิวเตอร์มีความสามารถในการคำนวณและประมวลผลข้อมูลจำนวนมากได้ในเวลาที่สั้นลง จึงทำให้เกิดประโยชน์อย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพทางการประมวลผลภาพและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากภาพในระบบต่างๆ เช่น การประชุมทางไกลใช้เทคนิคการบีบอัดภาพ การตรวจสอบลายนิ้วมือโดยระบบสแกนลายนิ้วมือ นอกจากระบบที่กล่าวไปข้างต้นแล้ว อีกงานที่สำคัญคือ งานวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์ ก็จำเป็นต้องนำการประมวลผลภาพมาใช้งานเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแพทย์ในการวินิจฉัยโรคต่างๆ หรือตรวจสอบความผิดปกติของอวัยวะต่างๆของผู้ป่วยได้รวดเร็วขึ้น ในปัจจุบันเทคนิคการถ่ายภาพทางการแพทย์ ทำให้แพทย์สามารถตรวจดูอวัยวะสำคัญ ๆ ต่าง ๆ ภายในร่างกายโดยไม่จำเป็นต้องผ่าตัด และพัฒนาไปไกลมาก เริ่มจากเครื่องเอ็กซเรย์ (X-Ray) สามารถถ่ายภาพโครงสร้างและอวัยวะบางอย่างได้ เช่น ปอด ซึ่งอยู่ภายในร่างกาย และมีการพัฒนาสร้างเครื่อง CT (Computed Tomography) scan ที่สามารถตรวจจับอวัยวะในแนวระนาบได้ ทำให้สามารถเห็นภาพได้ชัดขึ้น อีกทั้งยังมีเครื่อง MRI (Magnetic Resonance Imaging) ใช้สำหรับถ่ายภาพเนื้อเยื่อที่ไม่ใช่กระดูก (Soft tissues) ได้ดี ภาพจากเครื่อง MRI จะให้ข้อมูลทางกายภาพแล้วยังให้ข้อมูลทางเคมีได้อีกด้วย โดยไม่จำเป็นต้องเคลื่อนย้ายผู้ป่วย หรือแม้กระทั่ง การถ่ายภาพอัลตราซาวด์ (Ultrasound) ใช้ตรวจดูความสมบูรณ์ของทารกในมารดา หรือตรวจดูขนาดของอวัยวะภายใน เช่น ตับ ม้าม และไต เพื่อหาความผิดปกติของอวัยวะเหล่านี้ ซึ่งในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยี และเทคนิคการถ่ายภาพและประมวลผลภาพ ไปใช้งานเพื่อเพิ่มความสะดวกและรวดเร็วในการถ่ายภาพและประมวลผลภาพสำหรับการใช้งานในด้านต่างๆ ซึ่งทางการแพทย์ในปัจจุบันใช้การประมวลผลภาพในการวิเคราะห์ความผิดปกติของร่างกายผู้ป่วยอย่างเป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจจะเกินกำลังที่บุคลากรทางการแพทย์ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้เทคโนโลยีทางด้านการประมวลผลภาพเพราะปัจจุบันได้รับการพัฒนาให้สามารถเก็บอยู่ในรูปแบบดิจิทัล ทำให้สะดวกในการเก็บรักษาและส่งต่อข้อมูลภาพ และที่สำคัญคือสามารถนำไปวิเคราะห์ภาพได้ด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการวินิจฉัยโรคได้อย่างรวดเร็ว ในการถ่ายภาพสำหรับการวินิจฉัยในแต่ละครั้งจะต้องใช้ภาพจำนวนมากในการเปรียบเทียบวิเคราะห์ เช่น การถ่ายภาพอวัยวะภายในด้วยเครื่อง MRI จำเป็นต้องใช้ภาพถ่ายจำนวนมาก เป็นต้น ดังนั้น ในการทำงานแพทย์ผู้เชี่ยวชาญกับภาพจำนวนมาก ต้องใช้เวลานานและใช้แรงงานของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญอย่างมากเกินความจำเป็น และจะเป็นการทำให้ผู้เชี่ยวชาญเกิดอาการล่าได้และอาจจะส่งผลทำให้เกิดข้อผิดพลาดในผลการวินิจฉัยได้ จึงมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้งานในการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์แทนการวินิจฉัยจากผู้เชี่ยวชาญ โดยวัตถุประสงค์ของการประมวลผลคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.การประมวลผล (Image Processing) วิธีนี้จะใช้การประมวลผลภาพเพื่อให้ได้ภาพที่ผ่านการประมวลผลภาพออกมา เช่น การใช้โปรแกรม Lightroom และ Photoshop ในการตกแต่งภาพ

Image Processing : Image in  $\longrightarrow$  Image out

2.การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) การประมวลผลภาพกระบวนการนี้เพื่อใช้ในการวัดค่า เช่น การวัดขนาดในงานอุตสาหกรรม

Image Analysis : Image in  $\longrightarrow$  Measurements Out

3.ความสามารถในการเข้าใจภาพ (Image Understanding) วิธีนี้ใช้กระบวนการประมวลผล สำหรับผลลัพธ์ที่ออกมาเป็นความหมาย เช่น การจดจำตัวอักษร การจดจำรูปร่าง การจดจำลักษณะ

Image Understanding : Image  $\longrightarrow$  High-Level Description out

2) ขั้นตอนการประมวลผลภาพ

ขั้นตอนการประมวลผลภาพประกอบด้วย 3 ส่วน แสดงดังรูปที่ 2.8 ประกอบด้วย

1. การนำภาพเข้าระบบคอมพิวเตอร์
2. การนำคอมพิวเตอร์มาพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อประมวลผลภาพ
3. ขั้นตอนการแสดงผลภาพ



Image



To Computer



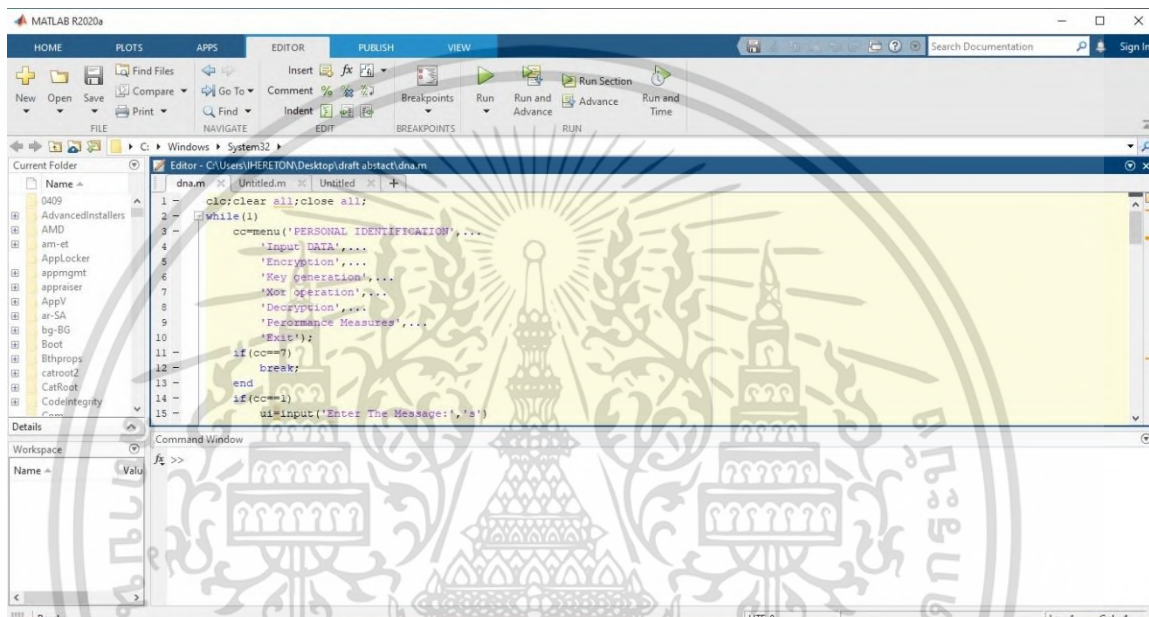
Image display process

รูปที่ 2.8 ภาพแสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพ[12]

3) โปรแกรม MATLAB

MATLAB [13] ย่อมาจาก Matrix Laboratory เป็นโปรแกรมที่ใช้ในงานด้านการคำนวณทางวิศวกรรมศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ที่มีสมรรถนะด้านการประมวลผลและประสิทธิภาพสูงได้รวบรวมฟังก์ชันไว้มากมาย คำสั่งที่ใช้ในการคำนวณมีตั้งแต่ระดับพื้นฐานจนถึง

ระดับสูงทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์อย่างมากมาย ดังนั้น ผู้พัฒนาและการพัฒนาขั้นตอนวิธีจึงไม่จำเป็นต้องพัฒนาคำสั่งขึ้นมาใหม่ โปรแกรม MATLAB จึงมีการทำงานที่ง่าย สะดวกรวดเร็วขึ้น และมีประสิทธิภาพสูงอีกด้วย หน้าต่างโปรแกรม MATLAB จะแสดงดังรูปที่ 2.9 จากรูปจะแสดงให้เห็นว่ารูปแบบคำสั่งและการใช้งานที่เรียบง่ายมากกว่าภาษาคอมพิวเตอร์ภาษาอื่น จึงเป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งโปรแกรม MATLAB ถูกนำไปใช้งานในหลายๆ ด้าน เช่น ด้านการศึกษา การวิจัย และงานอุตสาหกรรม เป็นต้น



รูปที่ 2.9 โปรแกรม MATLAB และหน้าต่างการทำงาน

MATLAB เป็นภาษาระดับสูงภาษาหนึ่ง เพื่อใช้สำหรับการคำนวณเชิงตัวเลข และแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับเมทริกซ์และอาร์เรย์ พีชคณิต สมการเชิงเส้น พีชคณิตสมการฟังก์ชันไม่เชิงเส้น สถิติ การวิเคราะห์ข้อมูลและแคลคูลัส เป็นต้น การใช้โปรแกรม MATLAB สามารถใช้แก้ปัญหา การประมวลผล หรือการคำนวณคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนได้ ในปัจจุบันมีการพัฒนาและนำไปใช้งานในหลายสาขา เช่น ระบบควบคุม (Control System) การวัดและการควบคุม (Instruments and Control) การสื่อสาร (Communication) การประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing) การประมวลผลภาพและวิดีโอ (Image and Video Processing) การคำนวณทางชีววิทยา (Biology) เป็นต้น โปรแกรม MATLAB มีคุณลักษณะพิเศษดังต่อไปนี้

- 1) การใช้งาน โปรแกรม MATLAB เป็นภาษาที่มีรูปแบบการใช้งานที่ง่าย จะใช้วิธีการพิมพ์คำสั่งและฟังก์ชันต่างๆ ทีละบรรทัด (Immediate Mode) ได้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Command Line บนหน้าต่างย่อย Command Window และประมวลผลภาพแบบ Script Mode เป็นการเขียนคำสั่งแบบสคริปต์บนหน้าต่างทำงาน MATLAB Editor ซึ่งได้รวบรวมเครื่องมือต่างๆสำหรับอำนวยความสะดวกและง่ายขึ้น

- 2) พัฒนาให้รองรับระบบปฏิบัติการ เพื่อให้ครอบคลุมและเข้าถึงผู้ใช้งานในทุกกลุ่ม MathWorks ได้พัฒนา MATLAB ให้ทำงานได้ในระบบปฏิบัติการปฏิบัติการในแบบต่างๆ เช่น Windows, Linux, Unix, Mac OS ซึ่งผู้ใช้งานสามารถนำไฟล์สคริปต์ (.m-file) ไปรันได้ในทุกระบบปฏิบัติการ
- 3) มีฟังก์ชันพิเศษ (Pre-defined Function) โปรแกรม MATLAB จะรวบรวมคำสั่งและฟังก์ชันในการใช้งานไว้เป็นจำนวนมากโดยครอบคลุมในทุกสาขา เช่น วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ เป็นต้น
- 4) มีรูปแบบการแสดงผลข้อมูล โปรแกรม MATLAB ออกแบบเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถแสดงผลได้หลายรูปแบบ เช่น ตัวเลข รูปภาพ และกราฟ สามารถเข้าถึงและจัดการรูปแบบการแสดงผลจะแสดงผลบนหน้าต่าง Figure จึงสามารถแสดงข้อมูลที่มีความซับซ้อนได้ดี
- 5) ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานด้านกราฟิก (Graphical User Interface : GUI) MATLAB นอกจากสนับสนุนให้ผู้ใช้งานพัฒนาโปรแกรมรูปแบบ Script Mode และ Immediate Mode แล้วนั้น MATLAB ยังสนับสนุนการออกแบบและสร้างส่วนติดต่อผู้ใช้งานด้านกราฟิกด้วย

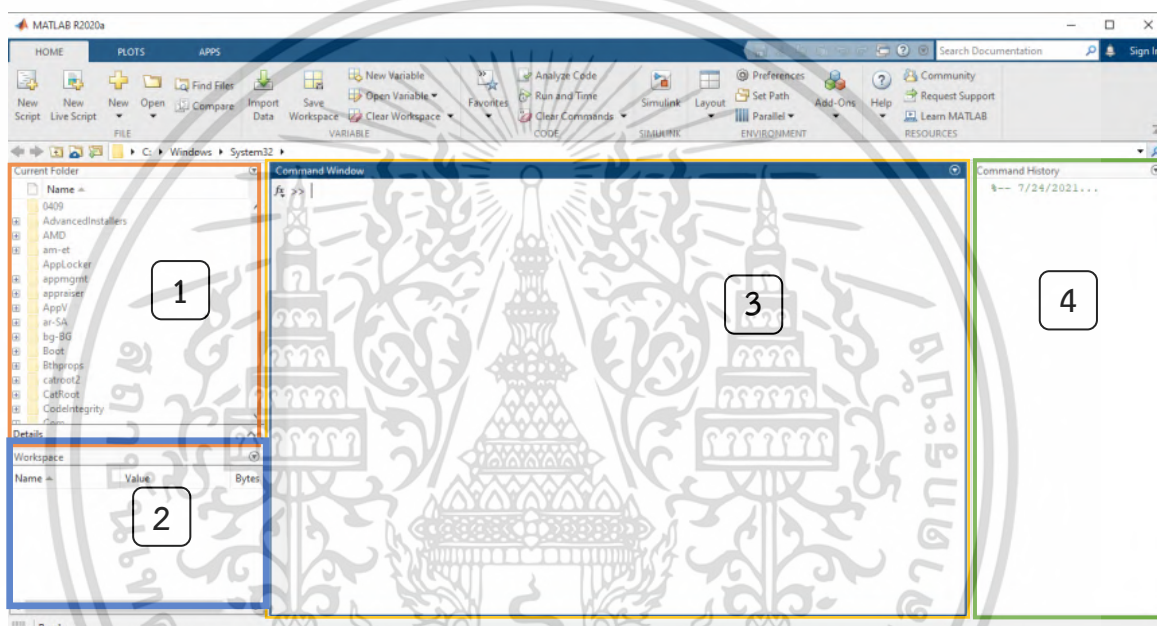
MATLAB ได้ออกแบบเป็น “หน้าต่างทำงาน” เพื่อสนับสนุนการใช้งานให้มีการใช้งานที่ง่าย สะดวกและรวดเร็ว สำหรับการเขียนโปรแกรม การวิเคราะห์ข้อมูล การแสดงผลข้อมูล และการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หน้าต่างทำงานสำคัญประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

- 1.คุณลักษณะหน้าต่างหลักและหน้าต่างย่อย หน้าต่างทำงานหลักของโปรแกรมเรียกว่า “MATLAB Desktop Environment” เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า “MATLAB Desktop (IDE)” ต่อจากนี้จะเรียกหน้าต่างหลักว่า “MATLAB Desktop” ประกอบด้วยชุดเครื่องมือสำหรับช่วยให้ผู้ใช้งานเรียกใช้ฟังก์ชันและไฟล์งานต่างๆ ได้ง่าย เนื่องจากโปรแกรม MATLAB จะแสดงฟังก์ชันต่างๆแบบไอคอนรูปภาพ (Graphic User Interface : GUI) ช่วยให้การงานและเรียกใช้งาน

ได้ง่ายและคล่องตัวบนหน้าต่างทำงานหลักนี้ ประกอบด้วยหน้าต่างย่อยอีก 4 ส่วน ที่ผู้ใช้งานจะใช้งานบ่อยๆ ได้แก่

1. หน้าต่างย่อย Current Folder
2. หน้าต่างย่อย Workspace
3. หน้าต่างย่อย Command Windows
4. หน้าต่างย่อย Command History

แสดงดังรูป 2.10



รูปที่ 2.10 ภาพแสดงหน้าต่างทำงาน MATLAB

#### 4) โปรแกรม ImageJ

ImageJ แสดงดังรูป 2.11 เป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Wayne Rasband และ The National Institute of Health (NIH) ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งโปรแกรมนี้จะถูกเขียนมาเพื่ออำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูลจากรูปภาพ เช่น การหาพื้นที่ การหาพิกัดจุดในรูป เป็นต้น ข้อดีของโปรแกรมนี้โดยสังเขป ดังต่อไปนี้

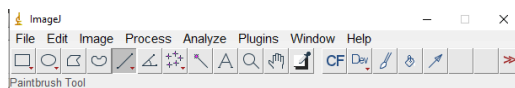
1. การนำภาพมาวิเคราะห์ สามารถเลือกภาพถ่ายได้มีหลายขนาด คือ 8 บิต, 16 บิต และ 32 บิต
2. สกุลไฟล์ภาพที่นำมาวิเคราะห์สามารถใช้ได้หลายสกุลไฟล์ เช่น TIFF, GIF, JPEG, BMP, FITS, Raw

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.สามารถคำนวณพื้นที่และปริมาณ Pixel สามารถคำนวณได้ตามการเลือกของผู้ใช้งาน

4.สามารถดาวโหลด Plug in ตามการใช้งานได้

5.สามารถพัฒนา source code ได้เองสำหรับผู้สนใจและพัฒนาโปรแกรม



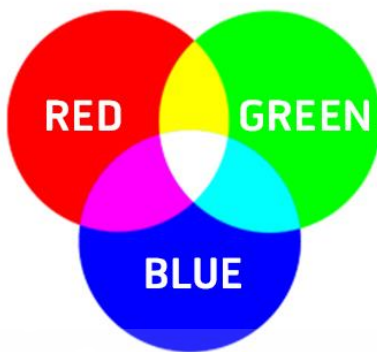
รูปที่ 2.11 โปรแกรม ImageJ

#### 6) ภาพอาร์จีบี (RGB Image)

ภาพอาร์จีบี [12] แสดงดังรูปที่ 2.12 เป็นภาพที่ประกอบด้วยสามสี ได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ในภาพถ่ายทั่วไปจะใช้โหมดสี อาร์จีบี เป็นหลัก โหมดสี อาร์จีบีสีที่เกิดจะเกิดจากการผสมแสงสามสีให้เกิดเป็นสีต่างๆ ระบบสีอาร์จีบี เกิดจากการหักเหของแสง ทำให้เกิดสีรุ้ง (Spectrum) สามารถแยกได้ทั้งหมด 7 สี คือ แดง แสด เหลือง เขียว น้ำเงิน คราม ม่วง ซึ่งอยู่ในรูปแบบรังสี โดยรังสีที่เกิดทั้งหมดเกิดจาก แสงสี 3 สี คือ สีแดง (Red) สีน้ำเงิน (Blue) และสีเขียว (Green) ทั้งสามสีเป็นแม่สีของแสง และแต่ละแม่สีเมื่อรวมกันจะได้สีที่ประกอบไปด้วย

1. สีแดง (R) + สีเขียว (G) = สีเหลือง (Y)
2. สีเขียว (G) + สีน้ำเงิน (B) = สีฟ้า (Cyan)
3. สีแดง (R) + สีน้ำเงิน (B) = สีแดงอมชมพู (Magenta)

ระบบสีอาร์จีบี จะแสดงผลออกมารูปแบบการรับแสงแสดงผลด้วยแสงที่เป็นแม่สีทั้งสาม ซึ่งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่แสดงผลด้วยระบบสีอาร์จีบี เช่น จอภาพ กล้องดิจิทัล ตัวอย่างการใช้งานระบบสีอาร์จีบี เช่น การถ่ายภาพ การเขียนเว็บไซต์



รูปที่ 2.12 ภาพระบบสีอาร์จีบี

7) ภาพระดับสีเทา (Grayscale Image)

ภาพระดับสีเทาเป็นภาพที่ค่าแต่ละจุดคือค่าความเข้มของสี แต่ละตำแหน่งของภาพนั้น โดยค่าของภาพระดับสีเทาจะขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้ เช่น ภาพระดับสีเทา 8 บิตจะมีระดับสีทั้งหมด 256 ค่า โดยค่าที่ระบุในช่วง 0-1 หรือ 0-255 แสดงระดับสีเทาดังรูป 2.13



รูปที่ 2.13 ภาพแสดงระดับสีเทา [12]

ภาพระดับสีเทามีการไล่ระดับความอ่อนแก่ของสีซึ่งอยู่ระหว่างสีขาวและสีดำ Halftone Image อย่างต่อเนื่อง โดยแต่ละพิกเซลของภาพหมายถึงความเข้มแสงแต่ละตำแหน่งของพิกเซลที่อยู่ในรูประดับสีเทา การเปลี่ยนแปลงภาพจากสีอาร์จีบี (RGB) เป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) จะใช้สมการ

$$Grayscale = 0.299R + 0.59G + 0.11B \tag{2.1}$$

โดย

- Grayscale = ค่าระดับสีเทา ณ จุดพิกเซลที่เราต้องการหา
- R = ค่าสีแดง ณ จุดพิกเซลที่ต้องการหา
- G = ค่าสีเขียว ณ จุดพิกเซลที่ต้องการหา
- B = ค่าสีน้ำเงิน ณ จุดพิกเซลที่ต้องการหา

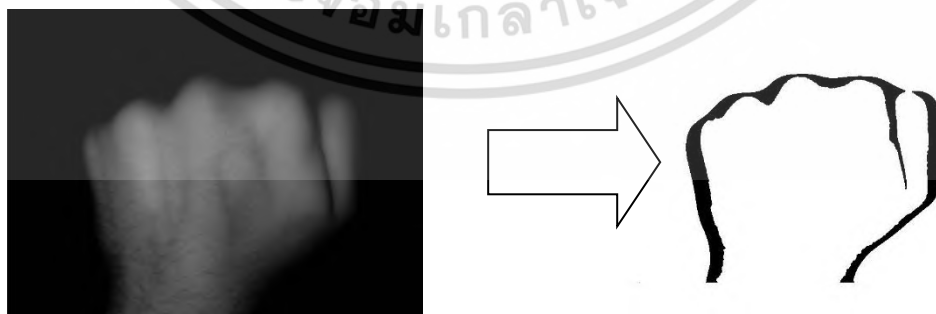
การแปลงภาพสี RGB ให้เป็นรูประดับสีเทา (Grayscale) ในแต่ละพิกัดของภาพจะเป็นค่าของ เซตสีที่แสดงถึง ค่าของ R ค่าของ G และค่าของ B โดยระบบจะแปลงจากภาพสี RGB ให้เป็นภาพ ระดับสีเทา (Grayscale) ทำให้สามารถวิเคราะห์ภาพได้ง่ายขึ้นเพราะ แปลงภาพระดับสีเทาแล้วนั้นจะทำให้แต่ละจุดของภาพจะมีค่าระดับสีตั้งแต่ 0 ถึง 255 ภาพที่แปลงจาก RGB เป็น Grayscale จะแสดงดัง รูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ภาพแสดงการแปลงจากอาร์จีบีเป็นภาพระดับสีเทา

#### 7) ภาพขาว-ดำ (Binary Image)

ภาพขาว-ดำ [12] คือ ภาพที่ประกอบด้วยสีขาวและสีเทา ในภาพขาว-ดำ จะมีเพียงแค่ 2 สถานะ คือ 0 และ 1 หมายความว่า พิกเซลใดมีค่าเป็น 0 หมายถึงพิกเซลนั้นจะเป็นสีดำ พิกเซลใดมีค่าเป็น 1 หมายถึงพิกเซลนั้นจะเป็นสีขาว โดยภาพขาว-ดำ จะเป็นขั้นตอนต่อจากการแปลงภาพระดับสีเทาเป็นภาพ ขาว-ดำ โดยจะต้องกำหนดค่า ความเข้มที่ต้องการอ้างอิงหรือ ค่าขีดแบ่ง (Threshold Value) โดยผู้ใช้สามารถกำหนดเองได้หรือใช้อัลกอริทึมในการหาค่า การแปลงภาพระดับสีเทาเป็นภาพขาว-ดำ จะแสดง ดังรูป 2.15

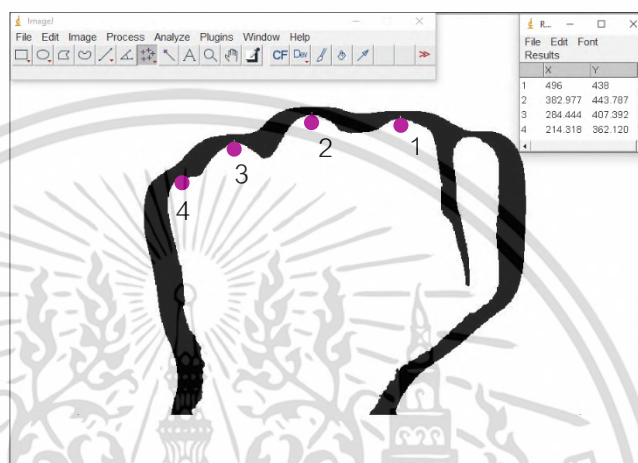


รูปที่ 2.15 ภาพแสดงการแปลงจากภาพระดับสีเทาเป็นภาพขาวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.3 การเลือกพิกัดจุดของข้อต่อ Metacarpophalangeal (MCP) joint ในแต่ละข้อนิ้ว

การเลือกพิกัดจุดของข้อต่อในงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม ImageJ ในการเลือกพิกัดจุด เนื่องจากในโปรแกรม ImageJ จะมีการบอกพิกัด (x , y) ในแต่ละการเลือกจุดของข้อต่อ ดังรูป 2.16



รูปที่ 2.16 รูปภาพการเลือกพิกัดจุดด้วยโปรแกรม ImageJ

### 2.2.4 การคำนวณหาระยะห่างระหว่างข้อต่อ Metacarpophalangeal (MCP) joint ในแต่ละข้อนิ้ว

การคำนวณหาระยะห่างระหว่างข้อต่อ MCP แสดงดังรูป 2.17 สามารถหาได้จาก สมการ 2.1

$$Distance = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (2.1)$$

กำหนดให้

Distance	=	ระยะห่างระหว่างข้อต่อ MCP (pixel)
$x_1, x_2$	=	ตำแหน่งพิกเซลในแนวแกน x (pixel)
$y_1, y_2$	=	ตำแหน่งพิกเซลในแนวแกน y (pixel)

### 2.2.5 การคำนวณหาพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อ Metacarpophalangeal (MCP) joint

การคำนวณหาพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อ MCP สามารถหาได้จากสมการ 2.2

$$Area = \frac{1}{2} \times |(x_{n+1} - x_n)| \times |(y_{n+1} - y_n)| \quad (2.2)$$

กำหนดให้

$Area$	=	พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อ MCP (pixel) <sup>2</sup>
$x_n, x_{n+1}$	=	ตำแหน่งพิกเซลในแนวแกน x (pixel)
$y_n, y_{n+1}$	=	ตำแหน่งพิกเซลในแนวแกน y (pixel)

### 2.2.6 การเข้ารหัสข้อมูลด้วยโปรแกรม MATLAB

การเข้ารหัสข้อมูล [14] เป็นการเปลี่ยนแปลงหรือปกปิดข้อมูลโดยมีการใช้รูปแบบต่างๆที่มีการติดตั้งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อป้องกันการถูกโจรกรรมข้อมูลทำให้ผู้โจรกรรมไม่สามารถรับรู้ถึงข้อมูลที่เราเข้ารหัสไว้ได้ กระบวนการเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลมีกระบวนการ แสดงดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แผนภาพแสดงการเข้ารหัสและถอดรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเข้ารหัสข้อมูลจะมีการใช้อัลกอริทึม 2 ประเภทคือ

- อัลกอริทึมแบบสมมาตร (Symmetric key algorithms)  
อัลกอริทึมนี้จะมีการใช้กุญแจเพียงตัวเดียว เรียกว่า กุญแจลับ (Secret key) จะเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลที่ ส่งไปได้เพียงตัวเดียว ในอัลกอริทึมแบบสมมาตรยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบ บล็อก (Block Algorithms) จะทำการเข้ารหัสข้อมูลได้ที่ละหนึ่งบล็อก หนึ่งบล็อกประกอบไปด้วยหลายไบต์ และแบบสตรีม (Stream Algorithms) จะทำการเข้ารหัสข้อมูลได้ที่ละไบต์
- อัลกอริทึมแบบไม่สมมาตร (Asymmetric key algorithms)  
อัลกอริทึมนี้จะใช้กุญแจสองตัวเพื่อทำงาน ตัวหนึ่งจะใช้ในการเข้ารหัสและอีกตัวจะใช้ในการถอดรหัสที่เข้ารหัสมาโดยกุญแจตัวแรก อัลกอริทึมแบบอสมมาตรจะใช้กุญแจที่เรียกว่า กุญแจสาธารณะ (Public keys) ในการเข้ารหัสและใช้กุญแจที่เรียกว่า กุญแจส่วนตัว (Personal keys) ในการถอดรหัส

ข้อเสียของการเข้ารหัสแบบสมมาตร

อัลกอริทึมแบบสมมาตรมีความสำคัญไม่ต่างจากแบบไม่สมมาตร เพราะอัลกอริทึมแบบสมมาตรทำงานได้รวดเร็วและง่ายต่อการใช้งาน แต่อย่างไรก็ตามการเข้ารหัสแบบสมมาตรยังมีปัญหาหลักๆ อยู่ 3 ประการดังนี้

1. การใช้งานอัลกอริทึมนี้ 2 กลุ่มที่ต้องการแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน จำเป็นต้องแลกกุญแจลับกันก่อน ซึ่งในการแลกเปลี่ยนกุญแจลับอาจจะทำให้ยุ่งยากและไม่สะดวก
2. ทั้งสองกลุ่มจะต้องเก็บกุญแจลับอย่างดี ห้ามเปิดเผยหรือให้ผู้อื่นรู้ถึงกุญแจลับโดยเด็ดขาด เพราะการที่กุญแจลับหลุดออกไปนั้น อาจก่อให้เกิดปัญหาตามมาได้
3. ในสองกลุ่มที่ติดต่อกัน ต้องใช้กุญแจลับเป็นจำนวน 1 กุญแจเพื่อใช้ในการติดต่อกัน แต่ถ้าผู้ติดต่อมีมากกว่า 1 กลุ่ม จะเกิดปัญหาที่ว่ากุญแจลับจะมากเกินไปอาจจะทำให้เกิดปัญหาด้านความปลอดภัย

ปัญหาทั้งสามข้อที่กล่าวมาข้างต้นถูกแก้ไขปัญหาด้วยอัลกอริทึมแบบที่สอง คือ อัลกอริทึมแบบไม่สมมาตร ผู้ใช้ที่ถือกุญแจส่วนตัวสามารถติดต่อกับเอกสารหรือข้อความที่เข้ารหัสมาหาตน สามารถเผยแพร่ได้อย่างทั่วไป แต่จะมีเพียงผู้ถือกุญแจส่วนตัวเท่านั้นที่สามารถเปิดอ่านข้อความที่เข้ารหัสไว้ได้ การเผยแพร่เอกสารหรือข้อความทำให้ลดความยุ่งยากในการแลกเปลี่ยนกุญแจที่เป็นปัญหาจากการเข้ารหัสแบบสมมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ความปลอดภัยของอัลกอริทึม

ความปลอดภัยของอัลกอริทึมคือความยากที่ผู้บุกรุกจะสามารถถอดรหัสข้อมูลได้โดยปราศจากกุญแจที่ใช้ในการเข้ารหัส ขึ้นกับปัจจัยดังต่อไปนี้

- การเก็บกุญแจเข้ารหัสไว้เป็นความลับ เจ้าของกุญแจลับหรือกุญแจส่วนตัวต้องระมัดระวังไม่ให้กุญแจสูญหาย
- ความยาวของกุญแจเข้ารหัส โดยปกติความยาวของกุญแจจะมีค่าเป็นบิต ยิ่งจำนวนบิตมากขึ้น การเดาเพื่อค้นหากุญแจเข้ารหัสก็จะยากยิ่งขึ้น
- การมีประตูลับในอัลกอริทึม อัลกอริทึมที่ดีต้องไม่มีประตูลับที่สามารถใช้เป็นทางเข้าไปสู่อัลกอริทึมหรือใช้เพื่อทำการถอดรหัสข้อมูลได้ ประตูลับจะทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้กุญแจในการถอดรหัส

### 2.3 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ผู้วิจัยได้ข้อสรุปดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางสรุปผลวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

Author	Joint	Finger	Feature	Similarity	Database
Lin Zhang et al	PIP	I and M	Subspace (PCA, LDA and ICA)	Distance	Own (Flat plane)
A.Morales et al	PIP	I and M	Orientation enhanced scale invariant feature transform (SIFT)	Distance	PolyU FKP DB
S.Aoyama et al	PIP	I, M and R	Correspondence Matching (BLPOC)	Correlation	Doorhandle
A. Kumar, Z. Xu	MCP	I, M, R and L	Local Radon Transform, Ordinal Code and BLPOC	Distance and correlation	Own (Flat plane)
Daichi Kusanagi et al	MCP	I, M, R and L	Correspondence Matching (BLPOC)	Correlation	Own (Flat plane)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการระบุอัตลักษณ์บุคคลด้วยส่วนประกอบของมือจะใช้งานกันในส่วนที่แตกต่างกัน แต่ฟังก์ชันการทำงานจะแตกต่างกันออกไปในแต่ละงาน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Lin Zhang et al. (2010) [15] ศึกษาการระบุอัตลักษณ์บุคคลด้วยข้อต่อ PIP ด้วยการถ่ายภาพ ข้อต่อ PIP ด้วยการถ่ายภาพข้อต่อ PIP ในลักษณะการงอนิ้ว และศึกษาลักษณะรูปแบบของพื้นผิวบริเวณข้อนิ้วโดยการใช้อัลกอริทึมที่มีภาพถ่ายของนิ้วต่างๆ จำนวน 7,920 รูป และ 660 รูปเพื่อใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบที่สร้างขึ้น จากการทดลองของ Lin Zhang et al. พบว่า การระบุตัวตนด้วยรูปแบบของข้อต่อบริเวณ PIP ในการตรวจสอบ 2 แบบ คือ 1. นิ้วชี้กับนิ้วกลางด้านขวา พบเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด 0.26 % 2. นิ้วชี้และนิ้วกลางของมือ 2 ข้าง พบเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด 0%

A.Morales et al. (2011) [16] ใช้การระบุอัตลักษณ์บุคคลด้วยเทคนิค scale invariant feature transform (SIFT) เพื่อแยกคุณสมบัติ ในงานวิจัยนี้ใช้อัลกอริทึมของ FKP public โดยขั้นตอนการระบุตัวตนมีสองขั้นตอนคือ 1.Gabor filter 2.SIFT ในการทดลองจะใช้นิ้วชี้และนิ้วกลางด้านซ้ายและขวาของ 165 คน ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ SIFT และ Orientation enhanced SIFT (OE-SIFT) โดยจากการทดลองทั้ง 2 วิธีจะพบเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด 0.09% ใน SIFT และ 0% ใน OE-SIFT

Aoyama S et al. (2013) [17] คือการนำเสนอการระบุอัตลักษณ์ด้วยการเสนอขั้นตอนวิธีการแยกส่วนที่สนใจ และจับคู่ส่วนที่สนใจโดยการใช้พื้นที่สี่เหลี่ยมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ข้อต่อ Proximal interphalangeal ในแต่ละข้อ ในการแยกส่วนที่สนใจเราดึงนิ้วแต่ละนิ้วเพื่อตรวจสอบจุดศูนย์กลางในแต่ละข้อต่อของนิ้วและใช้การจับคู่ในแต่ละส่วนที่สนใจของข้อนิ้วเพื่อระบุตัวตน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในขั้นตอนวิธีที่เสนอ Aoyama S et al. จึงใช้ขั้นตอนวิธีที่เสนอเทียบกับขั้นตอนวิธีที่เคยมีการทำการวิจัยมาแล้ว จากการทดลองพบเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในขั้นตอนวิธีที่เสนอ 1.82%, 2.27%, 1.54% ในการใช้นิ้วกลาง นิ้วนางและนิ้วก้อย ตามลำดับ เมื่อเทียบกับวิธีขั้นตอน BLPOC ที่มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด 6.12%, 6.90%, 4.84% ในการใช้นิ้วกลาง นิ้วนางและนิ้วก้อย ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีที่เสนอมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยกว่าขั้นตอนวิธีที่มีอยู่เดิม

Ajay Kumar, Zhihuan Xu (2014) [18] ศึกษา ลักษณะ รูปแบบ ของ ข้อ ต่อ metacarpophalangeal โดยการใช้รูปแบบของข้อต่อเพื่อยืนยันอัตลักษณ์บุคคลโดยการถ่ายรูปและเทียบกับฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นในระยะ 2 ปี วิธีการระบุตัวตนจะเทียบกัน 2 ลักษณะคือ รูปแบบของข้อต่อลักษณะกำมือและแบมือ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบในลักษณะที่ต่างกันโดยงานวิจัยนี้พบว่ามี ความแม่นยำ 80% และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจะเกิดในรูปแบบข้อต่อของนิ้วกลาง 8.36%

Dachi Kusanagi et al. (2017) [19] ศึกษาการระบุอัตลักษณ์บุคคลด้วยข้อต่อของนิ้วเพื่อความปลอดภัยในการเปิดประตู การระบุอัตลักษณ์บุคคลที่งานวิจัยนี้ใช้คือการจดจำรูปแบบของข้อต่อ metacarpophalageal ในแต่ละนิ้ว โดยการถ่ายภาพจากกล้องและเลือกส่วนที่สนใจเพื่อใช้ในการยืนยันตัวบุคคล ซึ่งการยืนยันบุคคลจะใช้การจับคู่รูปแบบของข้อต่อ MCP ที่ผ่านกระบวนการเลือกส่วนที่สนใจและใช้ขั้นตอนวิธี ดังนี้ 1. Band Limited Phase-Only Correlation (BLPOC) 2. Comp Code 3. LGIC งานวิจัยของ Daichi Kusanagi et al. ที่ทดลองพบเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากการวัดรูปแบบของข้อต่อ MCP 0.7%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย พร้อมทั้งวิธีดำเนินงานวิจัยสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ระบบการถ่ายภาพหลังมือ

ตอนที่ 2 การประมวลผลภาพถ่ายหลังมือ ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1.1.1 การเตรียมรูปภาพสำหรับใช้ในการหาพิกัดจุดของข้อต่อ metacarpophalangeal

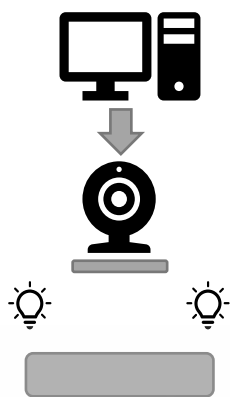
1.1.2 การหาพิกัดจุดของข้อต่อ metacarpophalangeal

ตอนที่ 3 การคำนวณหาระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

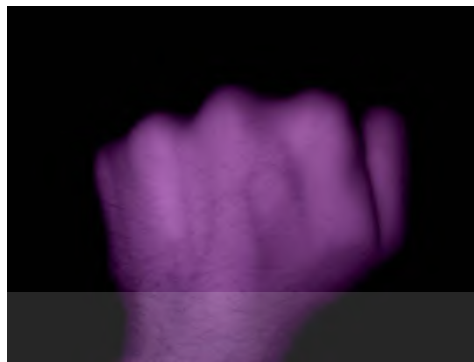
ตอนที่ 4 การเข้ารหัสข้อมูลของระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

#### 3.1 ระบบถ่ายภาพหลังมือ

ภาพหลังมือในงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก Yidiz, M. Z., และคณะ ซึ่งอยู่ในฐานข้อมูลจาก SUAS โดยระบบการถ่ายภาพหลังมือเพื่อใช้ในการระบุอัตลักษณ์บุคคลแสดงได้ดังรูป 3.1(ก) ประกอบด้วย กล้องอินฟราเรด (IR Camera), คอมพิวเตอร์ (Computer), อินฟราเรดฟิลเตอร์ (IR Filter), และแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรด (IR Source: 850 นาโนเมตร) การใช้แสงอินฟราเรดเพื่อเป็นแหล่งกำเนิดแสงนั้น เนื่องจากแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 700 – 1000 นาโนเมตร เมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในระบบถ่ายภาพสามารถถ่ายภาพได้ทุกสภาพแสง เมื่อทำการถ่ายภาพหลังมือด้วยกล้องอินฟราเรด รูปที่ได้จากระบบถ่ายภาพจะถูกนำไปประมวลผลภาพด้วยวิธีการแปลงภาพสี (RGB Image) เป็นภาพสีเทา (Grayscale Image), ภาพขาวดำ (Binary Image) ตามลำดับ หลังจากนั้นจะทำการกรองข้อมูลภาพ (Image Filters) เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของภาพ (Image Enhancement) เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามต้องการ รูปภาพที่ได้หลังจากการกรองข้อมูลภาพจะนำไปหาระยะห่างระหว่างข้อต่อและพื้นที่รูปสามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลต่อไป โดยภาพหลังมือที่ใช้ในการประมวลผลจะใช้รูปภาพของบุคคลจำนวน 10 คน ประกอบด้วยรูปภาพหลังมื่อด้านขวาและรูปภาพหลังมื่อด้านซ้ายอย่างละ 10 รูปภาพ ภาพหลังมือที่ได้จากการถ่ายภาพมีขนาด 640 x 480 พิกเซล แสดงดังรูป 3.1(ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.1 (ก) ระบบการถ่ายภาพ (ข) ภาพถ่ายหลังมือ

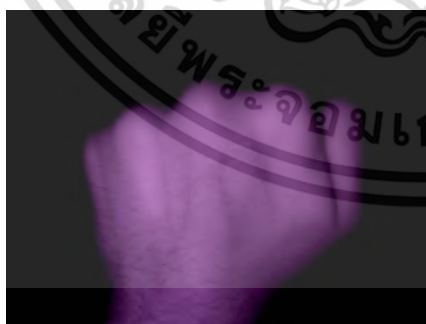
### 3.2 การประมวลผลภาพ

ปัจจุบันการประมวลผลภาพถ่ายสามารถประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆหลายรูปแบบ และมีหลายโปรแกรมที่สามารถประมวลผลภาพ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้โปรแกรม MATLAB และ ImageJ สำหรับการประมวลผลภาพและหาพิกัดจุดของข้อต่อ metacarpophalangeal โดยมีขั้นตอนแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

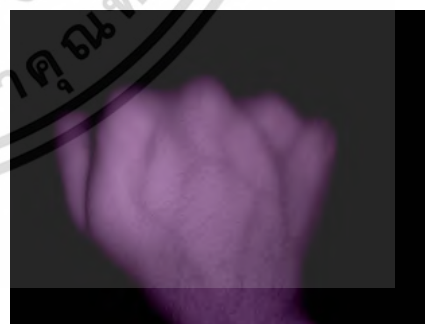
#### 3.2.1 การเตรียมรูปภาพสำหรับการหาพิกัดจุดของข้อต่อ metacarpophalangeal

##### 1) รูปภาพที่ใช้ในงานวิจัย

ผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนภาพถ่ายหลังมือสำหรับการหาระยะห่างระหว่างข้อต่อ metacarpophalangeal จาก SUAS โดยภาพถ่ายมีขนาดภาพอยู่ที่ 640×480 พิกเซล ดังแสดงตัวอย่างดังรูป 3.2



(ก)



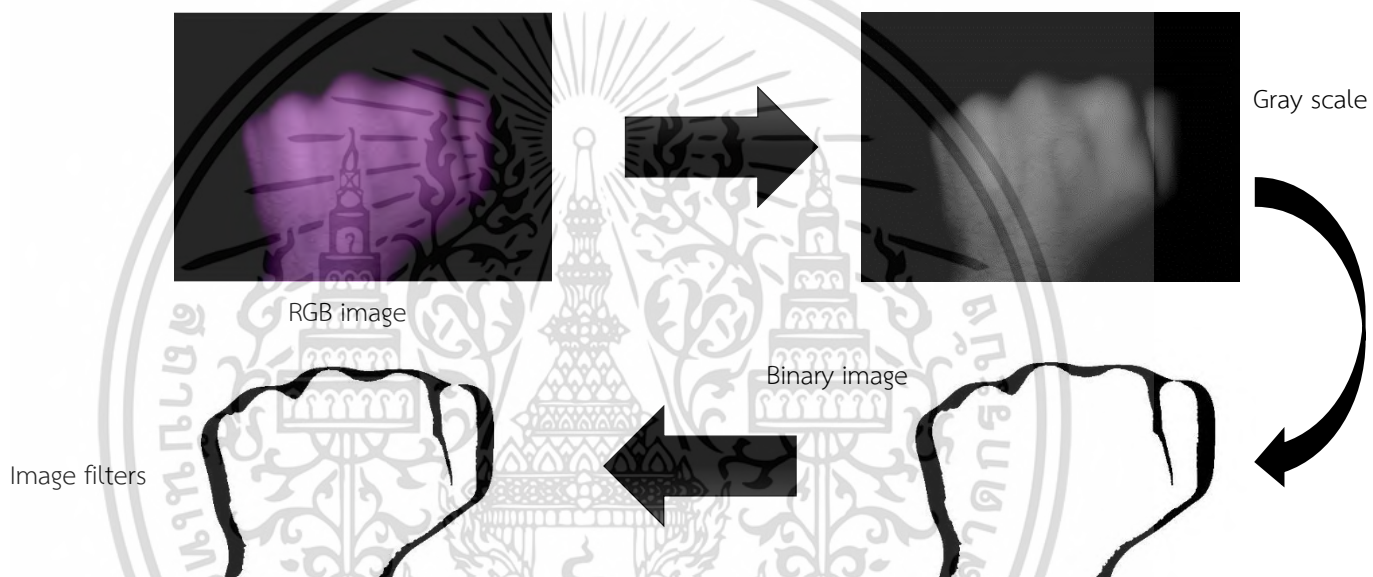
(ข)

รูปที่ 3.2 (ก) มือซ้าย (ข) มือขวา ภาพตัวอย่างของภาพถ่ายหลังมือที่ได้รับการสนับสนุนจาก SUAS

2) การประมวลผลภาพสำหรับการเตรียมการหาพิกัดจุดของข้อต่อ metacarpophalangeal

ผู้วิจัยจะเลือกส่วนที่สนใจของภาพถ่ายหลังมือโดยการใช้โปรแกรม MATLAB ในการประมวลผลเพื่อให้ได้ส่วนที่สนใจ ในการประมวลผลภาพจะมี 3 ขั้นตอน แสดงดังรูป 3.3 ประกอบไปด้วย

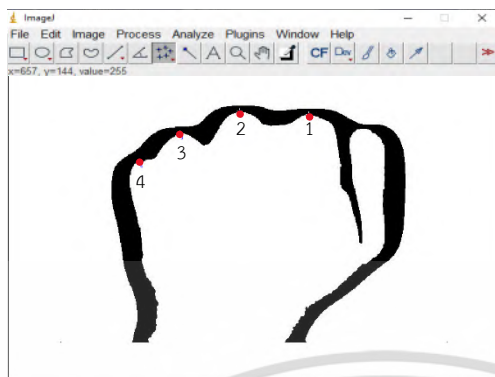
- 1) การแปลงภาพจาก RGB เป็น Grayscale
- 2) การแปลงภาพจาก Grayscale เป็น Binary image
- 3) การนำภาพ Binary image ใส่ filters



รูปที่ 3.3 ภาพแสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพด้วย MATLAB

3) การหาพิกัดจุดของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

ผู้วิจัยจะใช้โปรแกรม ImageJ ในการหาพิกัดจุดของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล เพื่อใช้ในการหาระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลการหาพิกัดจุดด้วยโปรแกรม ImageJ จะแสดงดังรูปที่ 3.4



(a)

	X	Y
1	496	440
2	381.201	444.674
3	283.557	407.392
4	215.206	361.233

(b)

รูปที่ 3.4 ภาพแสดงการหาพิกัดจุดของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลด้วยโปรแกรม ImageJ

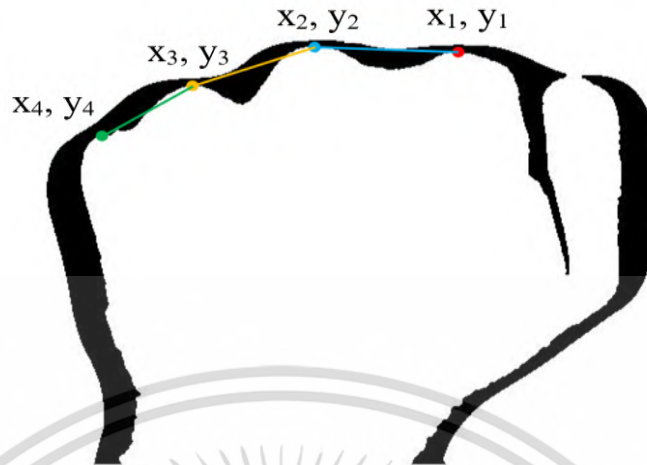
### 3.3 การคำนวณหาระยะทางและพื้นที่สามเหลี่ยม

งานวิจัยนี้จะใช้การหาระยะทางระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล เพื่อใช้ในการระบุอัตลักษณ์บุคคล โดยการคำนวณหาระยะทางระหว่างข้อต่อ metacarpophalangeal จะแสดงดังรูปที่ 3.5 และผู้วิจัยจะใช้การคำนวณจากสมการ 3.1

$$Distance = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \tag{3.1}$$

กำหนดให้

- Distance = ระยะทางระหว่างข้อต่อ MCP (pixel)
- $x_1, x_2$  = ตำแหน่งพิกเซลในแนวแกน x (pixel)
- $y_1, y_2$  = ตำแหน่งพิกเซลในแนวแกน y (pixel)



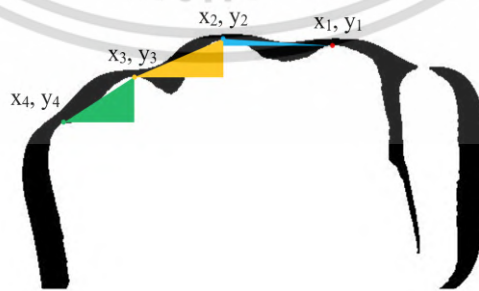
รูปที่ 3.5 ภาพแสดงระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

เมื่อทำการคำนวณหาระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการหาพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อ metacarpophalangeal แสดงดังรูป 3.6 และจะคำนวณจากสมการ 3.2

$$Area = \frac{1}{2} \times |(x_{n+1} - x_n)| \times |(y_{n+1} - y_n)| \tag{3.2}$$

กำหนดให้

- Area = พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อ MCP (pixel)<sup>2</sup>
- $x_n, x_{n+1}$  = ตำแหน่งพิกเซลในแนวแกน x (pixel)
- $y_n, y_{n+1}$  = ตำแหน่งพิกเซลในแนวแกน y (pixel)



รูปที่ 3.6 ภาพแสดงพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

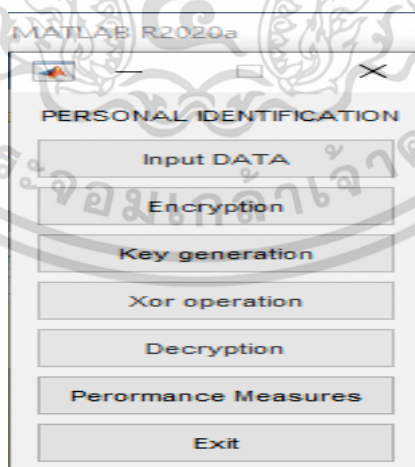
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อคำนวณหาระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลได้แล้วนั้น ผู้วิจัยได้นำค่าของระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมไปใช้ในการเข้ารหัสข้อมูลเพื่อใช้ในการระบุอัตลักษณ์บุคคล

### 3.4 การเข้ารหัสข้อมูลระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลด้วยโปรแกรม MATLAB

การเข้ารหัสข้อมูลในปัจจุบันมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เพราะการใช้ข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ต้องคำนึงและระวังการโดนคุกคามด้านความปลอดภัยของข้อมูล เนื่องจากข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของอิเล็กทรอนิกส์นั้นสามารถถูกเข้าถึงได้ในขณะที่เก็บรักษาและสื่อสารผ่านทางเครือข่าย จึงจำเป็นต้องมีการนำระบบรักษาความปลอดภัยของข้อมูลเพื่อความมั่นคงและรักษาความปลอดภัยของข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลด้วยโปรแกรม MATLAB ซึ่งในโปรแกรม MATLAB นั้นจะมีการเข้ารหัสข้อมูลหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับการใช้งาน ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลแบบข้อมูลตัวเลขจึงใช้การเข้ารหัสและถอดรหัสแบบ DNA cryptography with encoding and decoding text message ในการเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูล การเข้ารหัสด้วยโปรแกรม MATLAB ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ 1.Input data 2.Encryption 3.Key generation 4.Xor operation 5.Decryption 6.Performance Measures ขั้นตอนทีในโปรแกรม MATLAB แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 กระบวนการเข้ารหัสและถอดรหัสด้วยโปรแกรม MATLAB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ในบทนี้จะนำเสนอผลการวิจัยและการอภิปรายผลของการระบุอัตลักษณ์บุคคลด้วยข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล โดยใช้ระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมและทำการเข้ารหัสด้วยโปรแกรม MATLAB เพื่อใช้ในการระบุอัตลักษณ์บุคคล

#### 4.1 การหาระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

การหาระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลของบุคคลทั้งหมด 10 คน แสดงตัวอย่าง ดังรูป 3.5 ในบทที่ 3 โดยการเก็บผลของระยะห่างระหว่างมือซ้ายและมือขวา จากตารางที่ 4.1 แสดง ระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลมือขวาของบุคคลจำนวน 10 คน พบว่า ระยะห่างระหว่าง ข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลาง ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนางและระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วนาง และนิ้วก้อย โดยมีค่าความแตกต่างมากที่สุด 36.755 41.6314 และ 43.8814 พิกเซล ตามลำดับ ตารางที่ 4.2 แสดงระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลมือซ้ายของบุคคลจำนวน 10 คน พบว่า ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลาง, ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนางและระยะห่าง ระหว่างข้อต่อนิ้วนางและนิ้วก้อย โดยมีค่าความแตกต่างมากที่สุด 31.1872 41.6407 และ 53.0323 พิกเซล ตามลำดับ ระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลเมื่อนำมาคิดสามารถนำไปใช้ในการ ระบุหรือตรวจสอบอัตลักษณ์บุคคลได้



รูปที่ 3.5 ภาพแสดงระยะห่างของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

**ตารางที่ 4.1** ระยะห่างระหว่างข้อต่อในแต่ละข้อของมือซ้าย

ภาพตัวอย่าง	ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วชี้ และนิ้วกลาง (pixel)	ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วกลาง และนิ้วนาง (pixel)	ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วนาง และนิ้วชี้ (pixel)
คนที่ 1	119.1512	101.5923	84.3801
คนที่ 2	94.2603	101.2423	75.0267
คนที่ 3	119.8207	90.7579	70.6612
คนที่ 4	119.2057	92.1141	98.0816
คนที่ 5	114.1403	89.7385	75.7100
คนที่ 6	131.0153	102.1567	78.1089
คนที่ 7	121.6963	107.0187	107.7868
คนที่ 8	111.0180	108.6738	81.3449
คนที่ 9	127.5657	131.3699	80.6226
คนที่ 10	127.7380	95.8801	114.5426

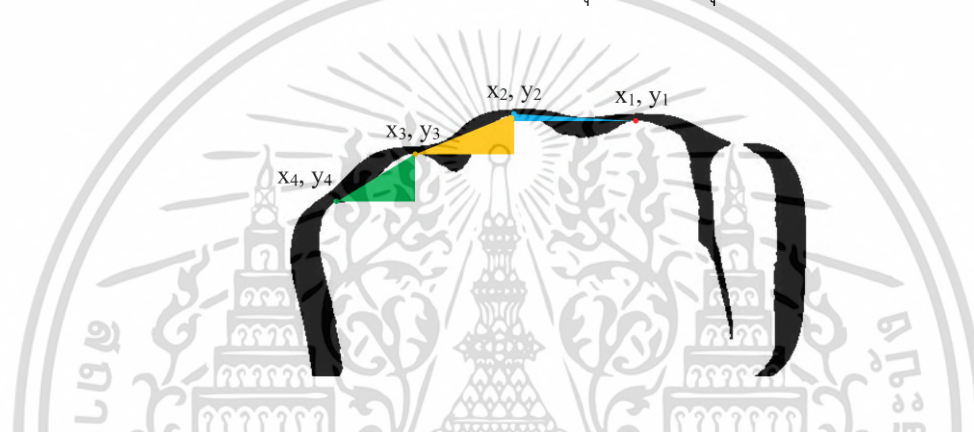
**ตารางที่ 4.2** ระยะห่างระหว่างข้อต่อในแต่ละข้อของมือขวา

ภาพตัวอย่าง	ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วชี้ และนิ้วกลาง (pixel)	ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วกลาง และนิ้วนาง (pixel)	ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วนาง และนิ้วชี้ (pixel)
คนที่ 1	117.3828	104.2929	88.5494
คนที่ 2	109.4897	97.3809	75.9605
คนที่ 3	107.0794	93.3917	85.7963
คนที่ 4	115.1694	133.3604	109.7862
คนที่ 5	115.6828	91.7197	92.0272
คนที่ 6	97.1288	94.3398	76.4788
คนที่ 7	107.8703	108.9312	103.4698
คนที่ 8	128.3160	110.2225	56.7539
คนที่ 9	120.7121	111.3283	99.3680
คนที่ 10	107.0794	110.7249	94.2444

#### 4.2 การหาพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาร์คาร์โปฟาแลงเจียล

ตารางที่ 4.3 และ 4.4 แสดงการหาพื้นที่สามเหลี่ยมของภาพหลังมือขวาและมือซ้ายของข้อต่อเมตาร์คาร์โปฟาแลงเจียลมือซึ่งพื้นที่สามเหลี่ยมประกอบไปด้วย 3 ส่วนด้วยกัน คือ พื้นที่สามเหลี่ยมของนิ้วชี้และนิ้วกลาง พื้นที่ของนิ้วกลางและนิ้วนาง พื้นที่ของสามเหลี่ยมระหว่างนิ้วนางและนิ้วก้อย

แสดงดังรูป 3.6 ในบทที่ 3 พบว่า พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลาง พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนางและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วางและนิ้วก้อยของมือขวา โดยมีค่าความแตกต่างมากที่สุด 1192.0000 3204.0000 และ 1687.0000 ตารางพิกเซล ตามลำดับ และพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลาง พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนางและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วางและนิ้วก้อยของมือซ้าย โดยมีค่าความแตกต่างมากที่สุด 2614.0000 1557.5000 และ 1572.0000 ตารางพิกเซล ตามลำดับ เมื่อพิจารณาพื้นที่สามเหลี่ยมของบุคคลจำนวน 10 คนทั้งมือขวาและมือซ้ายพบว่ามีพื้นที่ที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า พื้นที่สามเหลี่ยมหลังมือระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลสามารถนำไปใช้ในการระบุอัตลักษณ์บุคคลได้เช่นกัน



รูปที่ 3.6 ภาพแสดงพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

ตารางที่ 4.3 พื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อในแต่ละข้อของมือซ้าย

ภาพตัวอย่าง	พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลาง (pixel <sup>2</sup> )	พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนาง (pixel <sup>2</sup> )	พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วางและนิ้วก้อย (pixel <sup>2</sup> )
คนที่ 1	357.0000	1710.0000	1584.0000
คนที่ 2	329.0000	1407.0000	945.0000
คนที่ 3	833.0000	1247.0000	1008.0000
คนที่ 4	416.5000	1419.0000	1564.0000
คนที่ 5	1232.0000	957.0000	592.0000
คนที่ 6	131.0000	1880.0000	925.0000
คนที่ 7	786.5000	2107.0000	2279.5000
คนที่ 8	825.0000	1016.5000	1102.0000
คนที่ 9	762.0000	4161.0000	1624.0000
คนที่ 10	1323.0000	1242.0000	1344.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.4** พื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อในแต่ละข้อของมือขวา

ภาพตัวอย่าง	พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลาง (pixel <sup>2</sup> )	พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนาง (pixel <sup>2</sup> )	พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วนางและนิ้วก้อย (pixel <sup>2</sup> )
คนที่ 1	977.5706	1313.0000	1580.0000
คนที่ 2	972.0000	736.0000	766.5000
คนที่ 3	1102.5000	955.5000	1240.0000
คนที่ 4	2160.0000	1254.0000	1957.0000
คนที่ 5	944.6250	1203.1250	1305.0000
คนที่ 6	242.5000	1496.0000	1190.0000
คนที่ 7	1060.0000	1522.5000	1947.5000
คนที่ 8	2856.0000	385.0000	385.0000
คนที่ 9	780.0000	1942.5000	1627.5000
คนที่ 10	1102.5000	1696.0000	1379.5000

#### 4.3 การเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลด้วยโปรแกรม MATLAB

การเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูล คือการแปลงข้อความหรือข้อมูลที่สามารถอ่านได้ให้เป็นข้อมูลอีกหนึ่งรูปแบบที่เปลี่ยนแปลงไป และ การถอดรหัส คือการแปลงข้อมูลที่ได้เปลี่ยนแปลงจากการเข้ารหัสเพื่อกลับไปยังรูปแบบเดิมก่อนจะเปลี่ยนแปลง ในงานวิจัยนี้จะทำการเข้ารหัสด้วยโปรแกรม MATLAB โดยนำข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 4.1-4.4 ทำการเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลเพื่อใช้ในการระบุอัตลักษณ์บุคคล โดยการเข้ารหัสและถอดรหัสนั้นจะใช้การเข้ารหัสด้วยวิธี DNA cryptography with encoding and decoding text message เพื่อใช้ในการเข้ารหัสและถอดรหัสสำหรับระบุอัตลักษณ์บุคคลด้วยข้อต่อและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล และจะทำการทดสอบความแม่นยำของการเข้ารหัสข้อมูลด้วยการทดลองนำข้อมูลที่วัดได้จากบุคคลที่เราได้ทำการคัดเลือกสำหรับการจัดทำฐานข้อมูลและไม่ได้คัดเลือกในการทำฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการทดสอบความแม่นยำของการระบุอัตลักษณ์บุคคลด้วยการเข้ารหัส ซึ่งการเข้ารหัสข้อมูลสำหรับการระบุอัตลักษณ์บุคคลนั้น ต้องการความแม่นยำที่สูงเพื่อใช้ในการยืนยันตัวบุคคลสำหรับการใช้งานในด้านต่างๆที่ต้องการ

ตารางที่ 4.5 และ 4.6 แสดงรหัสข้อมูลของระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลของมือซ้ายและขวา ตารางที่ 4.7 และ 4.8 แสดงรหัสข้อมูลของพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลของมือซ้ายและมือขวา ตามลำดับ

#### ตารางที่ 4.5 การเข้ารหัสข้อมูลของระยะห่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลในมือซ้าย

ภาพตัวอย่าง	ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วชี้ (pixel)	การเข้ารหัสข้อมูล	ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วง (pixel)	การเข้ารหัสข้อมูล	ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วงและนิ้วชี้ (pixel)	การเข้ารหัสข้อมูล
คนที่ 1	119.1512	CGCACACAAACGGGT CAACTGGCAGGGGGG	101.5923	CTTGTGGACGTAAAC GTTGCAAGATAGGGG	84.3801	GCCGACAAAAGGAT CTTAAGCACTTTT
คนที่ 2	94.2603	TAATACAAAAGGAT CTTAAGGTGCTTTC	101.2423	CTACACGGTGGTAAAC GTTGGTTACGCTTTTG	75.0267	TCCGCGGGGGCTCG CTGCCCTTGTCTGGT
คนที่ 3	119.8207	CGGTGTGACACAGGGT CAACCACTGAGTTTT	90.7579	TCCGACAAGCTTGA TAA TTAATGCCAAG	70.6612	TAATACAAAAGGAT AGTAAGGACTAAAT
คนที่ 4	119.2057	CGGTGTGACACATTTG ACCAA CCTGATTTTG	92.1141	TCATCAAAAAGGTC GCCGCCACTTTTT	98.0816	TAATACTTTTTTGAT AAGGCTCATAAAA
คนที่ 5	114.1403	CTACACATGTTGCCCG ACCAGTTACAGGGGG	89.7385	GCCGATCTTAGGTC GCCGCCACGGGGT	75.7100	TAATCGTTTTAAGAT AGTCCTTGTAAAAA
คนที่ 6	131.0153	CTTGACATGTTGAAAC GTTGGTTATCGGGGG	102.1567	TAGTGITCACACTTIG ACCAGTTA TGAAGGGG	78.1089	TAATCAGCTTAGTC TACTTAACAGGGGG
คนที่ 7	121.6963	CTTGACCGTCCAGGGT CAACCAAGATCTTTTC	107.0187	TAACACCGTGACTTTC GTTGGTTATCTTTTT	107.7868	GCCGTTGGTGAAC TTTC GTTGCAAGTCGCCCCG
คนที่ 8	111.0180	AGGTGTGTGACTTTG ACCAACTCGCCCCCC	108.6738	ATATGTTGIGGTCCCA TGGTTGGCGTAGTTTC	81.3449	GAATCGTTAAGGTC GCCTTAACAGGGGC
คนที่ 9	127.5657	TAGTCAATGTGCCCG ACCAGTTACGAACCTT	135.3699	AGGCATGTACGGGA TGGTACCTGAGGTTG	80.6226	GCCGCACCCCTTTGA TAAGGCCACGCAAC
คนที่ 10	127.7380	GCCATGGTGTACTTTC GTTGCAAGATAACCCG	95.8801	TAATA TGGGCCGA TAAGGCTGTAAAAA	114.5426	CTACACACACACTTTC GTTGCAAGTCTTTTA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 การเข้ารหัสข้อมูลของระยะห่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลในมือขวา

ภาพตัวอย่าง	ระยะห่างระหว่างข้อต่อ นิ้วชี้และนิ้วกลาง (pixel)	การเข้ารหัสข้อมูล	ระยะห่างระหว่างข้อต่อ นิ้วกลางและนิ้วนาง (pixel)	การเข้ารหัสข้อมูล	ระยะห่างระหว่างข้อต่อ นิ้วนางและนิ้วชี้ (pixel)	การเข้ารหัสข้อมูล
คนที่ 1	117.3828	GCCGTGTGCCAGGGA TGGTACCTGAGCCCA	104.2929	AGGACAAATGAACTTT CGTTGGTTATGCTTTTG	88.5494	GCCGACTAAGGGTC GCCTTAATGAAAAG
คนที่ 2	109.4897	CGGTGTTTCATCATTTGA CCAACCTGAGGGGGC	97.3809	TACGATGGCCITTCG AGGCTACAGGGGG	75.9605	TAATCGGTTTAGATA GTAAGGTGAAAAT
คนที่ 3	107.0794	GCTGTGGTGTCAATTC GTTGGTTATCTTGGGG	93.3917	TACGATGGGGCCAT CTTCCTATGAGGGG	85.7963	GAATCGTTTAGGAT CTTCCTACAGCAAA
คนที่ 4	115.1694	AGCACACACATGAAAT CAACTGGCATAACCCC	133.3604	GCTGACACACACTTTG ACCAGTTACGCCAAAC	109.7862	CGGTGTTGTCCAGGGT CAACTGGCATCTTTTC
คนที่ 5	115.6828	AGGACACACGGTAAAT CAACCAAGTCTAAAAT	91.7197	TAATCGTAAGCCAT CTTCCTTCATAAAA	92.0272	TCATACCCCCCCAT CTTAAGGACTACCA
คนที่ 6	97.1288	TACGATTAGGGGAT CTTAAGGTGCCCA	94.3398	TAATCACTAAAAATC GCCGGCCGTAAAAC	76.4788	TACGCAAGCTTATC TACGGCCACTTTTC
คนที่ 7	107.8703	TAGTITCACCAGGGA TGGTTGTATCTTGGGG	108.9312	CGGTGTTGTGGTCCCAT GGTACAGACTTGGGG	103.4698	GCTCACACAGTCCCA TGGTTGGCATAACCTT
คนที่ 8	128.3160	ATTGACCACAACITTTG ACCAGTTATGAGGGGT	110.2225	AGGTGTGACACAGGGT CAACCAAGTGTGGGT	56.7539	TACGACAAGCTTTCG CTGAAGGACTTGGC
คนที่ 9	120.7121	AGGTCATGTTGCCCA TGGTACCTCAGCCCCG	111.3283	CTTGTGCTACTGCCCA TGGTACCTGAGGTTTG	99.3680	TAATCGAGGGGGTC GCCTTAACAGGGGA
คนที่ 10	107.0794	GCTGTGGTGTCAATTC GTTGGTTATCTTGGGG	110.7249	AGGACACGTGTTAAAC GTTGCAAGTGAACCCG	94.2444	TCCGCACCCCCCA TAAGGCCACGGGGC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 การเข้ารหัสข้อมูลของพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียในมือซ้าย

ภาพตัวอย่าง	พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อ นิ้วชี้และนิ้วกลาง (pixel)	การเข้ารหัสข้อมูล	พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อ นิ้วกลางและนิ้วมือง (pixel)	การเข้ารหัสข้อมูล	พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อ นิ้ววงและนิ้วชี้ (pixel)	การเข้ารหัสข้อมูล
คนที่ 1	357.0000	GCCACACAACTGTC GTTGGTTACGCCCCCC	1710.0000	AGGGATAGCCCCCAAAGT CCCAACAGCGTAACCCCG	1584.0000	ATTTATAGCCCCCGGGCA TTTGGTGCTACTTTGGGA
คนที่ 2	329.0000	ATTGACCACAACTGGT CAACCAAGCTTTTTT	1407.0000	AGGGCGAAGTTTTCCCTG AAACCACTAGTAACCCCG	945.0000	AGGTGTTGTGGTAAACG ATTGGTTACGCCCCCC
คนที่ 3	833.0000	GGGTCACACAACTTTG ATTGGTTACGCCCCCC	1247.0000	AGGATCCTGGGGAAACA TTTTGGTGCTACTTGGGA	1008.0000	AGGGCGCCTTGGTTTTG AAACCACTAGTAACCCCG
คนที่ 4	416.5000	GGGTGTGTGTGCCCG ACCGAAGTGCCCCCT	1419.0000	AGGGCGAAGGTTTGGGCA TTTTGGTGCTAGGTTTTTC	1564.0000	GCCCTCTAGGGGAAATG AAACCACTAGTAACCCCG
คนที่ 5	1232.0000	GCCCGAGGCAAAACCCC ATTTGGTGCTCAGGTTTTTC	957.0000	GCCACACAACTTGA TCCAACCTGAGGGGG	592.0000	GCCACACATGGTAAAC GTTCCAAGTGCCCCCC
คนที่ 6	131.0000	AGGTCACACAACTTTG ACCAACTGAGGGGG	1880.0000	ATTTATAAGCCCCAAAAAC GGGTTGTAGCAGGTTTTTC	925.0000	AGGTCAAACACCAGGGA TCCAACCTGAGGGGG
คนที่ 7	786.5000	GCCACAAGTTGCAAT CAATACCTGTA AAAAG	2107.0000	AAAAGATGTTTTCCCTG AAACCACTAGTAACCCCG	2279.5000	GGCCGATTAACCCAAAGT AAACCACTGTAACCCCG
คนที่ 8	825.0000	AAACGTTGTGGTAAAT CGGTTGGCATAAAAAA	1016.5000	AGCCTCTTACCCCGGGGT CCCAAACAGATGCCAAAAT	1102.0000	AGGGCGGTACCCCAAAAC GGGTTGTAGCAGGTTTTTC
คนที่ 9	762.0000	GCCATGGTGTGCAC ATGGAACCTGTAAAAAA	4161.0000	GGGGCGAGCCCCCAAAACA TTTTCCACTAGTAACCCCG	1624.0000	GGCCGAGGCCCCCGGGCA TTTTGGTGCTACTTTGGGA
คนที่ 10	1323.0000	GCCCGATGTTTTGGGGT CCCAACAGCTGCCAAAAT	1242.0000	AGGGATAAGTTTTGGGTG AAACCACTAGTAACCCCG	1344.0000	AGGGATAGGCCCCCGGGTG AAACCACTAGTAACCCCG

**ตารางที่ 4.8** การเข้ารหัสข้อมูลของพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์ปโปฟาแลงเจียลในมือขวา

ภาพตัวอย่าง	พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลาง (pixel)	การเข้ารหัสข้อมูล	พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนาบ (pixel)	การเข้ารหัสข้อมูล	พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วนาบและนิ้วชี้ (pixel)	การเข้ารหัสข้อมูล
คนที่ 1	977.5706	TAGTCACACAGAGGTC GAACTGGCGAGGTTTA	1313.0000	AGGATCTACCCCAAAAC GGTTGTAGACTTGGGGA	1580.0000	ATTTATAGCCCCAAAAGT CCCAACAGCTGCCAAAAT
คนที่ 2	972.0000	GCCATGTGTGGTAACA TCCAACCTGTAAAAAA	736.0000	GCCATGTGTGGTACCG ACCGTTTACAGGGGGG	766.5000	GCCATGGTGTGACCG ACCGAAAGTGCCCCCT
คนที่ 3	1102.5000	AGCCTCTAGTTTTGGGT CCCAACAGAGTAACCCCG	955.5000	AGGTGTGTGTGCCAT CGGTACCTGAGGGGGC	1240.0000	AGGGATAAGGGGGTTTTGT CCCAACAGCTGCCAAAAT
คนที่ 4	2160.0000	GGGGCGTAAAAACCTGT CCCAACAGCTGCCAAAAT	1254.0000	AGGATAAAGGGGAAACA TTTTGGTCTCAGGTTTTTC	1957.0000	AGGGGAGCGGGGAAACA TTTTGGTCTCAGGTTTTTC
คนที่ 5	944.6250	AGGTGTTGTGGTCCAT CGGTTGGCAGGTTTC	1203.1250	AGGGATCAGTTGGTTTTG AAACCACTCTGCTGGGGA	1305.0000	AGGGATCTAAAAATTTTG AAACCACTAGTAACCCCG
คนที่ 6	242.5000	GGGTGTTGTGGTACAC GTTGCAAGTGCCCCCT	1496.0000	ATTTATAAGTTTTCCCTG AAACCACTAGCCAAAAT	1190.0000	ATTTATAGCCCCCAAAAC GGGTTGTAGACTTGGGGA
คนที่ 7	1060.0000	GCCCTTAAAAACCCAC GGGTTGTAGCAGGTTTTTC	1522.5000	GCTTAGCAAAACCCTG AAACCACTCTGCCAAAAT	1947.5000	AGCCTCGTCCCCGGGT GAAACCACTCTGCCAAAAT
คนที่ 8	2856.0000	AAAAAGAGCGGGGAAAGTG AAACCACTAGCCAAAAT	385.0000	AGGTGTTGACCAGTTTC GTTGGTTACGCCCCCC	385.0000	AGGTGTTGACCAGTTTC GTTGGTTACGCCCCCC
คนที่ 9	780.0000	AGGTGTTGACCAGTTG ACCGTTTACAGGGGGG	1942.5000	AGCCTCTAGAAAACCCAC GGGTTGTATACTTGGGGA	1627.5000	GCCTCGAAAGTTTTCCCTG AAACCACTCTGCCAAAAT
คนที่ 10	1102.5000	AGCCTCTAGTTTTGGGT CCCAACAGAGTAACCCCG	1696.0000	ATTTGCGCTGGGAAAAGT CCCAACAGCGTAAACCCCG	1379.5000	GCCTCGAGCCAAACCCAC GGGTTGTATCAGGTTTTTC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.5 – 4.8 แสดงการเข้ารหัสข้อมูลของระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาร์คาร์โปฟาแลงเจียลจะทำให้เห็นว่าการเข้ารหัสข้อมูลในแต่ละตัวจะมีความแตกต่างกันซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวเอง ดังนั้นเราจึงสามารถใช้การเข้ารหัสข้อมูลของระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาร์คาร์โปฟาแลงเจียลในการระบุอัตลักษณ์ส่วนบุคคลได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

สรุปผลจากงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ 1.หาระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลของบุคคลจำนวน 10 คน 2.การเข้ารหัสข้อมูลของระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

#### 5.1 สรุปผลงานวิจัยเกี่ยวกับการหาระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

การศึกษาระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลของบุคคลจำนวน 10 คนจากการวิเคราะห์ที่กล่าวมาในบทที่ 4 สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

- 1) ระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลในมือซ้าย พบว่าระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลาง, ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนางและระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วนางและนิ้วก้อย มีค่าความแตกต่างมากที่สุด 36.755 41.6314 และ 43.8814 พิกเซล ตามลำดับ ตารางที่ 2 แสดงระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลมือซ้ายของบุคคลจำนวน 10 คน พบว่า ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลาง ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนางและระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วนางและนิ้วก้อย โดยมีค่าความแตกต่างมากที่สุด 31.1872 41.6407 และ 53.0323 พิกเซล ตามลำดับ เพื่อพิจารณาระยะห่างระหว่างข้อต่อแสดงให้เห็นว่า ระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลเมื่อนำมาคำนวณสามารถนำไปใช้ในการระบุหรือตรวจสอบอัตลักษณ์บุคคลได้
- 2) พื้นที่สามเหลี่ยมของภาพหลังมือขวาและมือซ้ายของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลมือซึ่งพื้นที่ 3 เหลี่ยมประกอบไปด้วย 3 ส่วนด้วยกัน คือ พื้นที่สามเหลี่ยมของนิ้วชี้และนิ้วกลาง พื้นที่ของนิ้วกลางและนิ้วนาง พื้นที่ของสามเหลี่ยมระหว่างนิ้วนางและนิ้วก้อย พบว่า พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลาง พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนางและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วนางและนิ้วก้อยของมือขวา โดยมีค่าความแตกต่างมากที่สุด 1192.0000 3204.0000 และ 1687.0000 ตารางพิกเซล ตามลำดับ และพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลาง, พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนางและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วนางและนิ้วก้อยของมือซ้าย โดยมีค่าความแตกต่างมากที่สุด 2614.0000 1557.5000 และ 1572.0000 ตารางพิกเซล ตามลำดับ เมื่อพิจารณาพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลของบุคคลจำนวน 10 คนทั้งมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขวาและมือซ้ายพบว่ามีความที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า พื้นที่สามเหลี่ยมหลังมือระหว่างของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลสามารถนำไปใช้ในการระบุอัตลักษณ์บุคคลได้เช่นกัน

## 5.2 สรุปผลงานวิจัยเกี่ยวกับการเข้ารหัสข้อมูลของระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

การเข้ารหัสข้อมูลของระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลของบุคคลจำนวน 10 คน จากการวิเคราะห์ที่กล่าวมาในบทที่ 4 สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

- 1) การเข้ารหัสข้อมูลของระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลจากตารางที่ 4.5 และ 4.6 ในบทที่ 4 แสดงให้เห็นว่าระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลในแต่ละช่วงมีความแตกต่างกัน ทำให้การเข้ารหัสข้อมูลของระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลมีความแตกต่างกันขึ้นกับระยะห่างของแต่ละบุคคล ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสามารถใช้การเข้ารหัสข้อมูลของระยะห่างในการระบุอัตลักษณ์บุคคลได้
- 2) การเข้ารหัสข้อมูลของพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลจากตารางที่ 4.7 และ 4.8 ในบทที่ 4 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลในแต่ละช่วงของข้อต่อนั้นมีความแตกต่างกัน ทำให้การเข้ารหัสข้อมูลของพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลมีความแตกต่างกันขึ้นกับพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อของแต่ละคน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสามารถใช้การเข้ารหัสข้อมูลของพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลในการระบุอัตลักษณ์ส่วนบุคคลได้

จากหัวข้อ 5.1 และ 5.2 สามารถสรุปได้ว่าการระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลและการเข้ารหัสข้อมูลของระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล สามารถใช้ในการระบุอัตลักษณ์บุคคลได้ และเพื่อการระบุอัตลักษณ์ส่วนบุคคลที่มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้นสามารถนำการเข้ารหัสข้อมูลของระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมที่มีการเข้ารหัสข้อมูลเฉลี่ย 30 บิต ใช้ในการยืนยันอัตลักษณ์บุคคลได้เพื่อลดโอกาสในการซ้ำซ้อนของข้อมูลและมีความแม่นยำในการระบุอัตลักษณ์บุคคลได้มากขึ้น จากการเข้ารหัสข้อมูลในตารางที่ 4.5-4.8 ในบทที่ 4 จะเห็นว่ารหัสที่เข้าจากข้อมูลของระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลนั้น มีความแตกต่างกันทั้งหมด จึงสรุปได้ว่าการเข้ารหัสข้อมูลสามารถระบุอัตลักษณ์บุคคลได้โดยมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 0 % เนื่องจากรหัสข้อมูลนั้นไม่มีความซ้ำซ้อนกัน

ข้อเสนอแนะ

การระบุอัตลักษณ์บุคคลด้วยข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลจะมีข้อจำกัดในเรื่องอายุของผู้ระบุอัตลักษณ์บุคคลเนื่องจากอาจจะมีระยะห่างของข้อต่อที่เปลี่ยนไปในแต่ละช่วงอายุ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Christoph G. Birngruber, Kerstin Kreutz, Frank Ramsthaler, Jonathan Krähhahn, Marcel A. Verhoff, (2010) “Superimposition technique for skull identification with Afloat® software” 124 pp.471–475.
- [2] Hans H. de Boer, Soren Blau, Tania Delabarde, Lucina Hackman, (2018) “The role of forensic anthropology in disaster victim identification (DVI):recent developments and future prospects” <https://doi.org/10.1080/20961790.2018.1480460>.
- [3] Kerstin Kreutz, Marcel A. Verhoff, (2007) “Forensic Facial Reconstruction Identification Based on Skeletal Findings” 104 (17) : A 1160–5.
- [4] Stefanie Ritz-Timme, Peter Gabriel, Zuzana Obertová, Melanie Boguslawski, F. Mayer, A. Drabik, Pasquale Poppa, Danilo De Angelis, Romina Ciaffi, Benedetta Zanotti, Daniele Gibelli, Cristina Cattaneo, (2011) “A new atlas for the evaluation of facial features: advantages, limits, and applicability” 125 pp.301–306.
- [5] A. Valenzuela, S. Martin-de las Heras, T. Marques, N. Exposito, J. M. Bohoyo, (2000) “The application of dental methods of identification to human burn victims in a mass disaster” 113 pp.236–239.
- [6] M.A. Ferrer, A. Morales, L. Ortega, (2009) “Infrared hand dorsum images for identification” Vol. 45 No. 6.
- [7] C.M. Travieso et al., “Hand shape identification on multirange images” Inform. Sci. (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.ins.2014.02.031>.
- [8] Lin Chunyi, Li Mingzhong, Sun Xiao, (2012) “A Finger Vein Recognition Algorithm Based on Gradient Correlation” AASRI Procedia 1. Pp. 40 – 45.
- [9] Jian-Da Wu, Siou-Huan Ye, (2009) “Driver identification using finger-vein patterns with Radon transform and neural network” Expert Systems with Applications. 36 pp. 5793–5799.
- [10] Masaki Watanabe, Toshio Endoh, Morito Shiohara, and Shigeru Sasaki, (2005) “Palm vein authentication technology and its applications” Proceedings of The Biometric Consortium Conference, Hyatt Regency Crystal City, Arlington, VA, USA.

- [11] Carmine D.Clemente. (2011). *Anatomy: A Regional Atlas of the Human Body*. Sixth edition. 351 West Camden Street Baltimore, MD 21201.
- [12] Himanshu Singh. (2019). *Practical Machine Learning and Image Processing*. Allahabad, Uttar Pradesh, India.
- [13] สุวิทย์ เมาะราชี่. (2021). *คู่มือเรียนเขียนโปรแกรมและใช้งาน MATLAB Simulink 2021 – MATLAB & Simulink Programming for Beginner*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพัฒนาสมรรถนะครูและบุคลากรอาชีวศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.
- [14] Neethu Manohar, Ms. Renji. S. (2016). “Text and Image Encryption-Decryption Via Bio-Alphabets” Vol. 4, (17).
- [15] Lin Zhang, Lei Zhang, David Zhang. (2009). “Finger-Knuckle-Print Verification Based on Band-Limited Phase-Only Correlation” 5702. pp.141-148.
- [16] A. Morales, L. Ortega, (2009) “Infrared hand dorsum images for identification” Vol. 45 No. 6.
- [17] Shoichiro Aoyama, Koichi Ito, Takafumi Aoki. (2014). “A multi-finger knuckle recognition system for door handle” *2013 IEEE Sixth International Conference on Biometrics: Theory, Applications and Systems (BTAS)*. DOI: 10.1109/BTAS.2013.6712740.
- [18] Ajay Kumar, Zhihuan Xu. (2014). “Can we use Second Minor Finger Knuckle Patterns to Identify Humans?” *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops*. 2014, pp. 106-112.
- [19] Daichi Kusanagi, Shoichiro Aoyama, Koichi Ito, Takafumi Aoki. (2017). “A practical person authentication system using second minor finger knuckles for door security” *IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications*. 9:(8). DOI 10.1186/s41074-017-0016-5.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

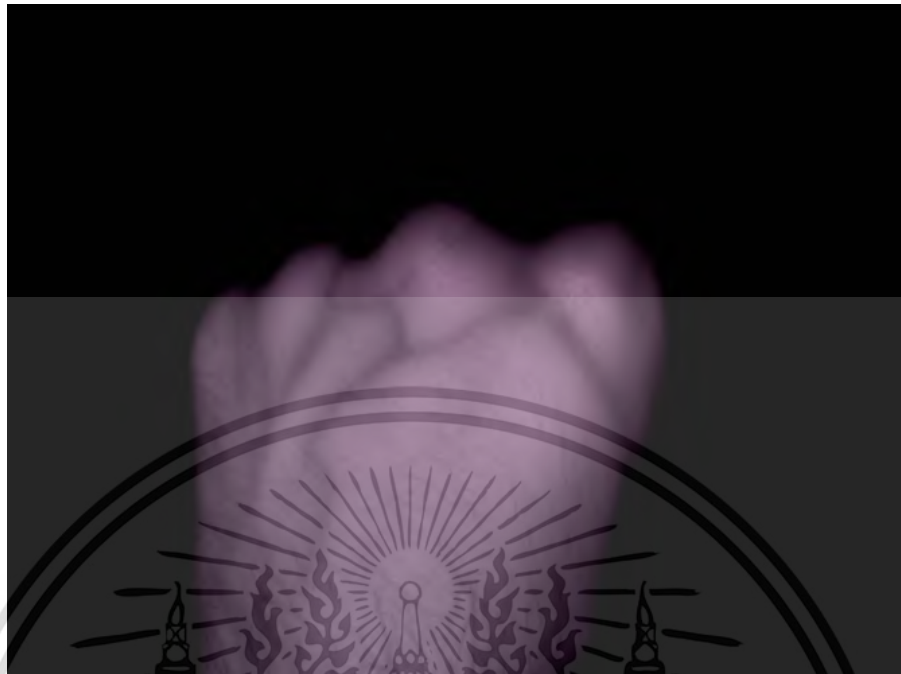


ภาพมือซ้ายบุคคลที่ 1



ภาพมือซ้ายบุคคลที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพมือซ้ายบุคคลที่ 3



ภาพมือซ้ายบุคคลที่ 4

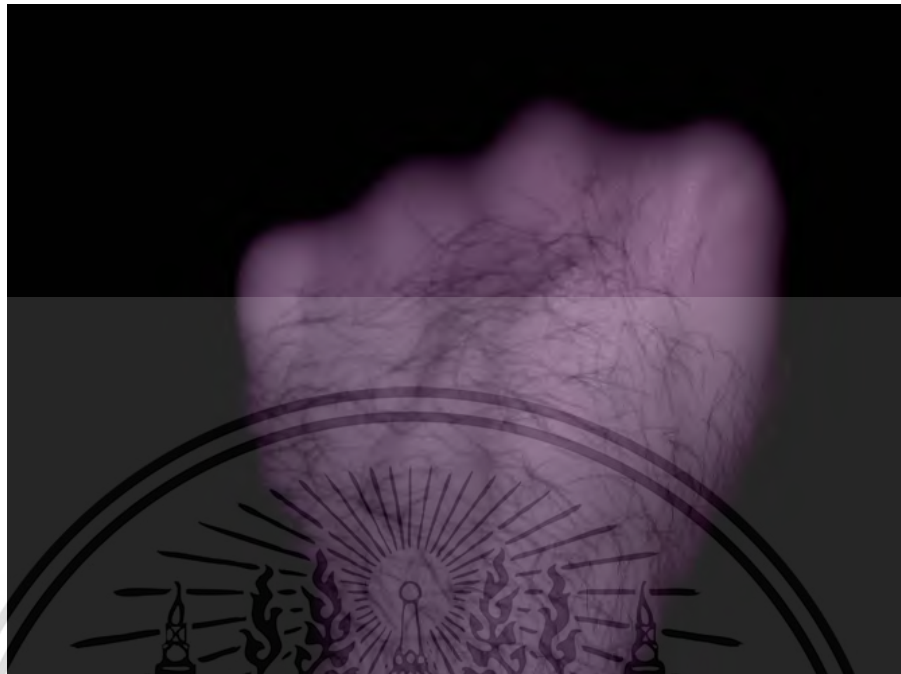
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพมือซ้ายบุคคลที่ 5

ภาพมือซ้ายบุคคลที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพมือซ้ายบุคคลที่ 7



ภาพมือซ้ายบุคคลที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพมือซ้ายบุคคลที่ 9

ภาพมือซ้ายบุคคลที่ 10

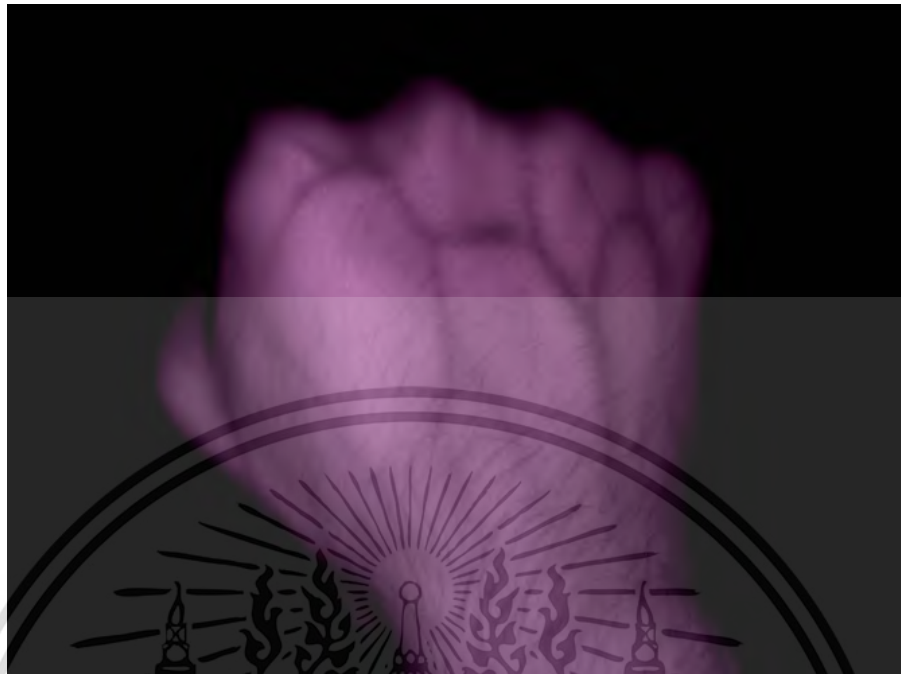
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพมือขวาบุคคลที่ 1

ภาพมือขวาบุคคลที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพมือขวาบุคคลที่ 3



ภาพมือขวาบุคคลที่ 4

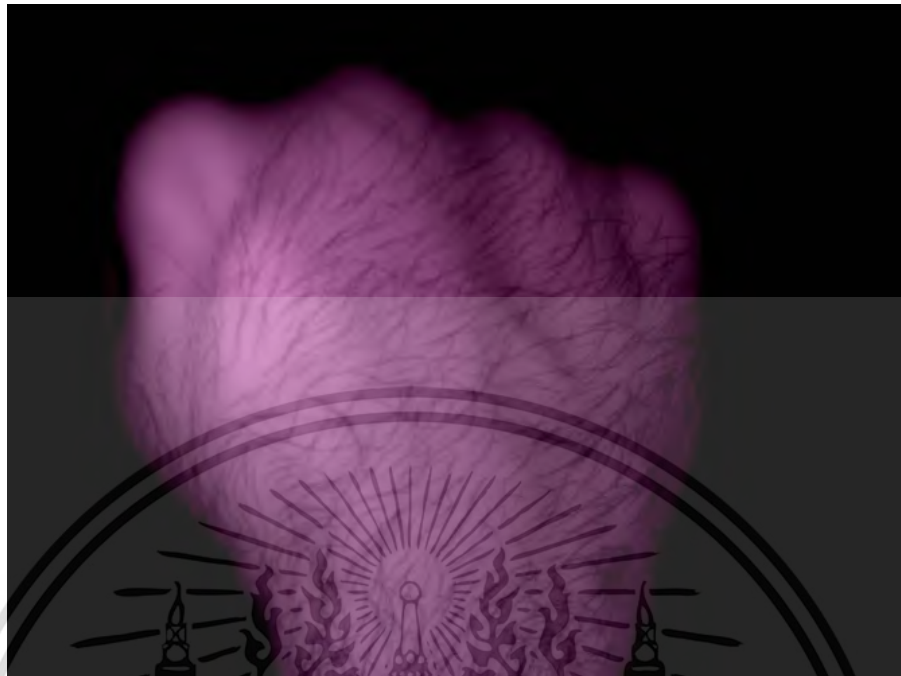
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพมือขวาบุคคลที่ 5

ภาพมือขวาบุคคลที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

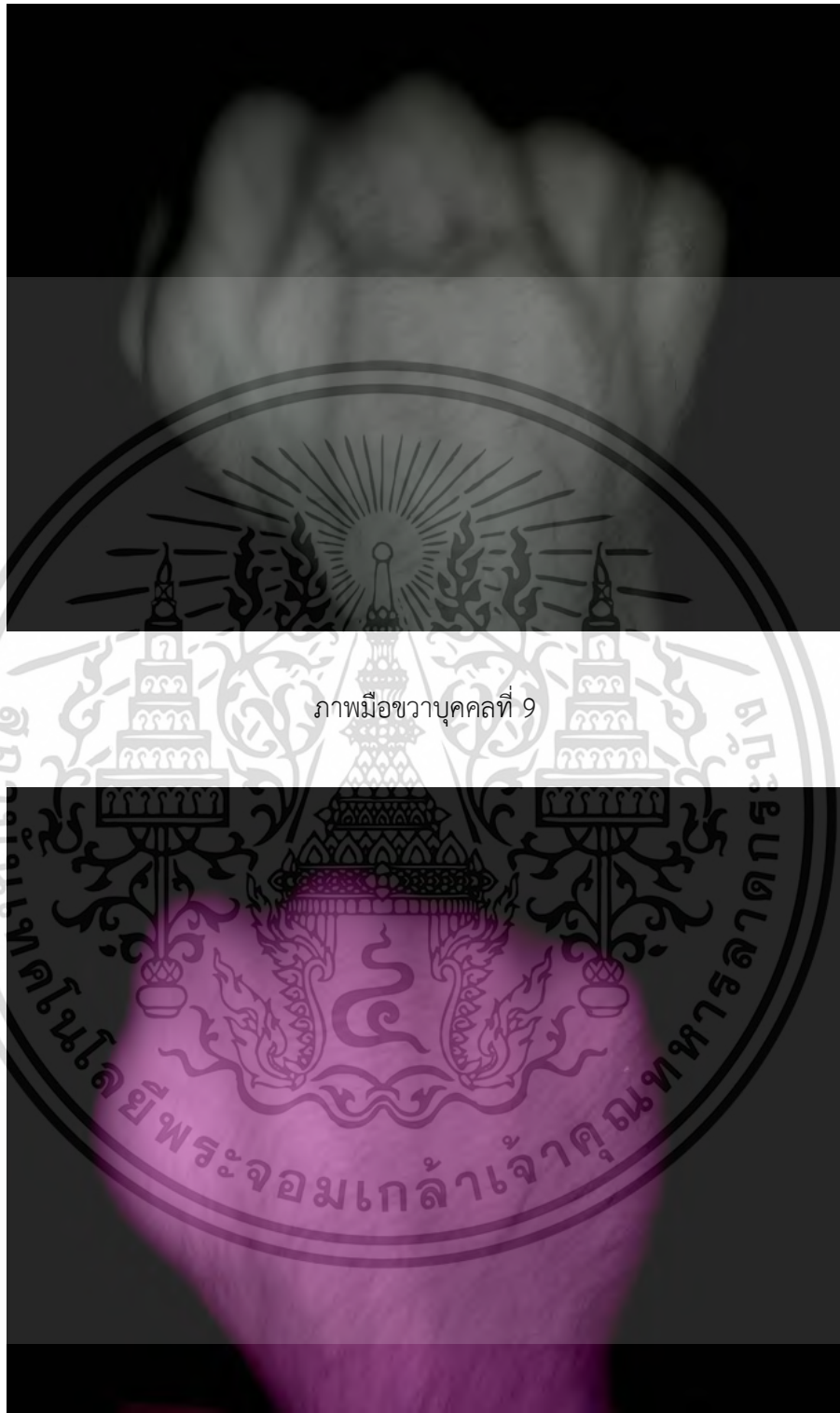


ภาพมือขวามุคคลที่ 7



ภาพมือขวามุคคลที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพมือขวาบุคคลที่ 9

ภาพมือขวาบุคคลที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทความวิจัย (Browallia New 16 pts)

## การระบุอัตลักษณ์บุคคลโดยใช้ระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อ เมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

ศิวา สระทองขาว<sup>1</sup> ยงยุทธ แก้วจรัส<sup>2</sup> วณิชนันท์ งามทรัพย์มณี<sup>1</sup> ญักกฤษ สมตอก<sup>1</sup> นลิตา สว่างจิตต์<sup>1</sup>  
ภาณุพล โขลนกระโทก<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

<sup>2</sup> องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ

### บทคัดย่อ

การระบุอัตลักษณ์บุคคลโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล (Metacarpophalangeal Joint) ในการศึกษาที่ประกอบไปด้วยระบบถ่ายภาพซึ่งถูกพัฒนาสำหรับการถ่ายภาพรูปภาพหลังมือ ขั้นตอนหนึ่งภาพหลังมือถูกถ่ายด้วยกล้องอินฟราเรด ขั้นตอนที่สองภาพถ่ายหลังมือถูกแปลงเป็นภาพสีเทาและภาพไบนารีด้วยกระบวนการประมวลผลภาพ หลังจากนั้นการหาระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล จะถูกวัดระยะห่างระหว่างนิ้วชี้กับนิ้วกลาง นิ้วกลางกับนิ้วนาง และนิ้วนางกับนิ้วก้อย ตามลำดับ สำหรับการระบุอัตลักษณ์บุคคลจะใช้เวลาแตกต่างของระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลเพื่อระบุอัตลักษณ์บุคคล ผลการวิจัยพบว่าระหว่างระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลสามารถใช้ในการระบุอัตลักษณ์บุคคลได้ เนื่องจากแต่ละบุคคลจะมีความแตกต่างกันของระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

**คำสำคัญ:** การระบุอัตลักษณ์บุคคล, หลังมือ, ข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

\* ผู้นิพนธ์ประสานงาน, e-mail: [bhanupol.kl@kmitl.ac.th](mailto:bhanupol.kl@kmitl.ac.th)

## PERSONAL IDENTIFICATION USING THE DISTANCE AND TRIANGLE BETWEEN THE METACARPOPHALANGEAL JOINT

Siwa Srathongkao<sup>1</sup> Yongyut Kaewjumras<sup>2</sup> Wanasanan Ngamsapmanee<sup>1</sup> Nuttakrit Somdock<sup>1</sup>

Nalita Sawangjit<sup>1</sup> Bhanupol Klongratog<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Physics, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology  
Ladkrabang, Bangkok

<sup>2</sup> National Science Museum Klong Ha, Klong Lung District, Pathum Thani

---

### ABSTRACT

Personal identification using the distance among the metacarpophalangeal joints (MCPs) was presented in this study. The system was developed to specify the dorsal hand patterns. Firstly, the dorsal hand images were taken for the subjects via an infrared camera. Secondary, the dorsal hand images were converted to grayscale and binary images using image processing techniques. After that, the distance of the MCPs was measured by various the dorsal hand image including index to middle, middle to ring, ring to little, and index to little of the dorsal hand, respectively. In addition, the triangle area between index to middle, middle to ring, ring to little, and index to little of the dorsal hand were used to specify the dorsal hand patterns. The result of the distance and the triangle area of the MCPs can be used to identify a person because of the difference of distance and the triangle area of the MCPs of each person.

**Keywords :** Personal identification, Dorsal-hand, Metacarpophalangeal joint

## บทนำ

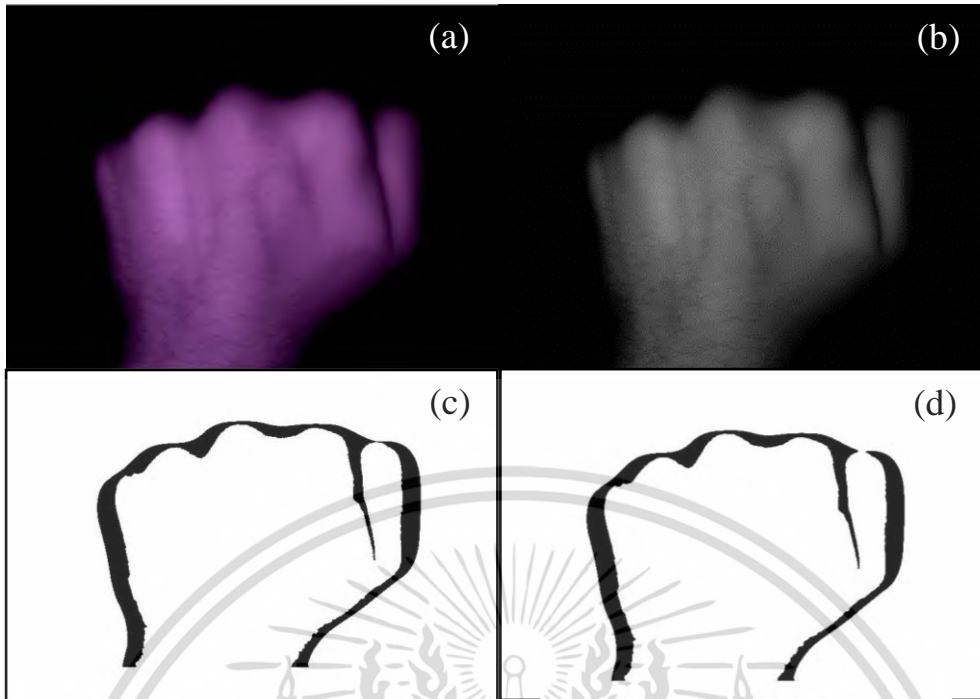
การระบุและตรวจสอบอัตลักษณ์บุคคลในปัจจุบันมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่น การสแกนลายนิ้วมือเพื่อเข้าถึงข้อมูลบัตรประชาชนของแต่ละบุคคลหรือการเข้าอาคารสถานที่ต่าง ๆ ที่กำหนดให้เข้าเฉพาะผู้ที่ได้รับอนุญาต การเข้าถึงการใช้งานของโทรศัพท์มือถือและแอปพลิเคชันต่าง ๆ ด้วยวิธีการสแกนลายนิ้วมือหรือใบหน้า [1-5] เป็นต้น จากที่กล่าวมา การสแกนลายนิ้วมือเพื่อเข้าถึงอาคารสถานที่ต้องใช้เครื่องสแกนลายนิ้วมือชนิดเดียวกัน หรือการสแกนใบหน้าเพื่อใช้งานโทรศัพท์มือถือและแอปพลิเคชันต่าง ๆ ในสภาวะการแพร่กระจายของไวรัสโคโรนา 19 วิธีดังกล่าวจึงมีความเสี่ยงต่อการติดหรือแพร่กระจายไวรัสโคโรนา 19 การระบุและตรวจสอบอัตลักษณ์บุคคลด้วยภาพหลังมือจึงมีความน่าสนใจ เนื่องจากบุคคลนั้น ๆ ไม่ต้องถอดหน้ากากอนามัยหรือมีการสัมผัสกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ระบุและตรวจสอบอัตลักษณ์บุคคล งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการระบุและตรวจสอบอัตลักษณ์บุคคลด้วยภาพหลังมือ เช่น การใช้ภาพเส้นเลือดดำหลังมือ เส้นเลือดดำหลังมือจะมีลักษณะจำเพาะของแต่ละบุคคล [6-8], การใช้ลักษณะข้อต่อหลังมือแต่ละนิ้วมือ ลักษณะของริ้วรอยของข้อต่อหลังมือแต่ละนิ้วมือมีลักษณะแตกต่างกัน [9] จากที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการระบุอัตลักษณ์บุคคลด้วยการใช้ภาพเส้นเลือดดำใต้ผิวหนังหลังมือและใช้ลักษณะของข้อต่อหลังมือแต่ละนิ้วมือ อย่างไรก็ตามระยะห่างและพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อหลังมือเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลก็เป็นสิ่งหนึ่งที่น่าสนใจศึกษาว่ามีลักษณะจำเพาะบุคคลเพื่อใช้ระบุอัตลักษณ์บุคคลได้หรือไม่อย่างไร

งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาความสัมพันธ์ของระยะห่างของข้อต่อหลังมือเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล และพื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อหลังมือเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลระหว่างนิ้วชี้กับนิ้วกลาง, นิ้วกลางกับนิ้วนางและนิ้วนางกับนิ้วก้อย เพื่อเป็นแนวทางในการนำข้อมูลข้างต้นไปใช้ในการระบุอัตลักษณ์บุคคลต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการทดลอง (Materials and method)

### การเตรียมรูปภาพ

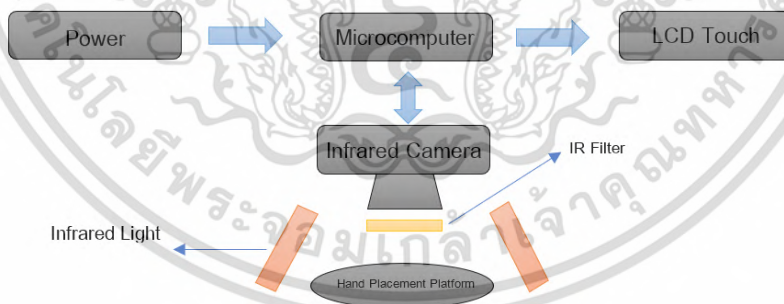
ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้รูปจาก Yildiz, M. Z., และคณะ (2019) [10] ซึ่งเป็นภาพถ่ายหลังมือโดยระบบการถ่ายภาพเพื่อใช้ในการระบุและตรวจสอบอัตลักษณ์บุคคลแสดงได้ดังรูปที่ 2.1 ประกอบไปด้วย กล้องอินฟราเรด (IR Camera), คอมพิวเตอร์, อินฟราเรดฟิลเตอร์ (IR Filter) และแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรด (IR Source: 850 นาโนเมตร) การใช้แสงอินฟราเรดเพื่อเป็นแหล่งกำเนิดแสงนั้น เนื่องจากแสงมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 700 – 1000 นาโนเมตร เมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการถ่ายภาพสามารถถ่ายภาพได้ทุกสภาพแสง เมื่อทำการถ่ายภาพหลังมือด้วยกล้องอินฟราเรด รูปภาพหลังมือที่ได้จะถูกนำไปประมวลผลภาพด้วยวิธีการแปลงภาพสี (RGB image) เป็นภาพสีเทา (grayscale image), ภาพขาวดำ (Binary image) ตามลำดับ หลังจากนั้นจะทำการกรองข้อมูลภาพ (Image Filters) เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement) เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามต้องการ รูปภาพที่ได้หลังจากการกรองข้อมูลภาพจะนำไปหาระยะห่างระหว่างข้อต่อและพื้นที่รูปสามเหลี่ยมของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลต่อไป โดยภาพหลังมือที่ใช้ในการประมวลผลจะใช้รูปภาพของบุคคลจำนวน 10 คน ประกอบด้วยรูปภาพหลังมือนิ้วชี้และรูปภาพหลังมือนิ้วก้อยอย่างละ 10 รูปภาพ ภาพหลังมือที่ได้จากการถ่ายภาพมีขนาด 640 x 480 พิกเซล จะถูกนำไปประมวลผลภาพแสดงได้ดังรูปที่ 2.1 โดยภาพที่ถ่ายได้จะแปลงจากภาพสี (รูปที่ 2.1a) เป็นภาพสีเทาขนาด 8 บิต 256 (รูปที่ 2.1b) จากนั้นภาพสีเทาจะถูกแปลงเป็นภาพขาว – ดำ (รูปที่ 2.1c) และทำการกรองข้อมูลภาพ (รูปที่ 2.1d) เป็นขั้นตอนสุดท้ายเพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพก่อนทำการหาระยะห่างระหว่างข้อต่อและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล



รูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพหลังมือ

### การประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพหลังมือเพื่อใช้ในการหาระยะห่างระหว่างข้อต่อและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลจะใช้การประมวลผลภาพด้วยโปรแกรมMATLAB มีขั้นตอนดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.2 แผนภาพระบบถ่ายรูป

### การแปลงภาพสีแบบ RGB (color image) เป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale image)

ภาพระดับสีเทาเป็นภาพที่ระบุความเข้มของสีแต่ละตำแหน่งของภาพมีค่าตั้งแต่ 0 – 255 สำหรับภาพที่มีระดับสีเทาขนาด 8 บิต ภาพระดับสีเทาจะมีการไล่ระดับจากอ่อนไปเข้มซึ่งอยู่ระหว่างสีขาวและสีดำ โดยค่าแต่ละพิกเซลของภาพหมายถึงความเข้มแสงแต่ละตำแหน่งของพิกเซลที่อยู่ในระดับสีเทา ค่าระดับสีเทา ณ จุดพิกเซลที่ต้องการหา สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.1 [10]

$$x = (0.299 \times r) + (0.587 \times g) + (0.144 \times b) \quad (2.1)$$

เมื่อ  $x$  คือ ค่าระดับสีเทา ณ จุดพิกเซลที่ต้องการหา  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- $r$  คือ สีแดง ณ จุดที่ต้องการหา
- $g$  คือ สีเขียว ณ จุดที่ต้องการหา
- $b$  คือ สีน้ำเงิน ณ จุดที่ต้องการหา

### การแปลงภาพสีเทาเป็นภาพขาว-ดำ (Binary image)

การแปลงภาพขาว-ดำเป็นกระบวนการแปลงภาพที่มีความเข้มหลายระดับ (Multilevel Image) ให้มีการแสดงผลแค่ 2 ระดับ คือ 0 และ 1 ถ้าพิกเซลมีค่าเป็น 0 แสดงว่าพิกเซลมีสีดำ พิกเซลใดมีค่าเป็น 1 แสดงว่ามีพิกเซลมีสีขาว การแปลงภาพระดับสีเทาให้เป็นภาพขาว-ดำ จะต้องกำหนดค่าความเข้มอ้างอิงหรือค่าขีดแบ่ง (Threshold value) ซึ่งค่าที่ใช้แสดงผลขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้จัดเก็บภาพดังสมการที่ 2.2 [11]

$$D = \begin{cases} 0, & I < T \\ 2^B - 1 & \end{cases} \quad (2.2)$$

- เมื่อ  $B$  คือ จำนวนบิตของระบบภาพ
- $I$  คือ ค่าความเข้มแสงของจุดภาพ ณ ตำแหน่งที่กำลังพิจารณา
- $D$  คือ ค่าความเข้มแสงของจุดภาพในตำแหน่งเดียวกันหลังพิจารณา
- $T$  คือ ค่าขีดแบ่ง (Threshold)

### การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน (Median filtering)

การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐานใช้สำหรับลดสัญญาณรบกวนซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้รูปภาพจากกระบวนการแปลงภาพสีเทาเป็นภาพขาว-ดำ โดยนำความเข้มแสงของจุดที่ตรงกันในภาพต่าง ๆ มาเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก จากนั้นเลือกค่าที่อยู่ตรงกลางไปใช้ หากจำนวนภาพทั้งหมดเป็นจำนวนคู่ ค่าทั้งสองที่อยู่ตรงกลางจะนำมาหาค่าเฉลี่ย วิธีการนี้ต้องใช้การเรียงลำดับซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เวลาในการคำนวณสูง แต่ข้อดีคือ การไม่สูญเสียความคมชัด

ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 4
1 2 1	2 3 4	3 2 1	2 2 1
4 2 2	5 3 4	2 1 4	4 2 4
0 1 1	3 2 4	1 4 2	1 2 2

รูปที่ 2.3 การกรองข้อมูลโดยใช้มัธยฐาน

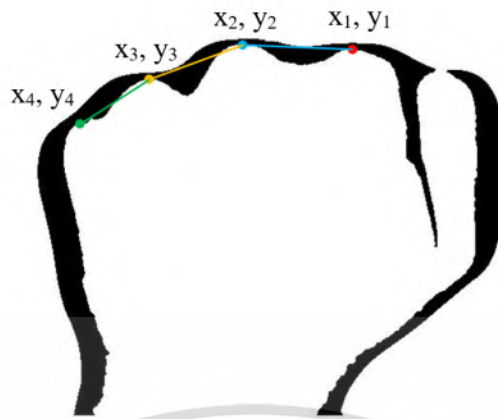
### การหาระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาลงเจียล

การหาระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาลงเจียล ขั้นตอนแรกต้องหาพิกัดสูงสุดแต่ละข้อต่อเมตาคาร์โปฟาลงเจียล  $(X_n, Y_n)$  ประกอบไปด้วย พิกัดสูงสุดนี้ซ์, นี้วกกลางและนี้วก้อย พิกัดที่ได้แสดงดังรูปที่ 2.4 การหาระยะห่างระหว่างข้อต่อแสดงได้ดังสมการที่ 2.3

$$A = \sqrt{(x_{n+1} - x_n)^2 + (y_{n+1} - y_n)^2} \quad (2.3)$$

- เมื่อ  $A$  คือ ระยะห่างของระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาลงเจียล (mm)
- $x_n, y_n$  คือ พิกัดจุดเริ่มต้นของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาลงเจียล (mm)
- $x_{n+1}, y_{n+1}$  คือ พิกัดจุดปลายของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาลงเจียล (mm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

### การหาพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

การหาพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลจะใช้ระยะห่างของพิกัดในแนวแกน x, y เพื่อหาพื้นที่สามเหลี่ยมแสดงได้ดังรูปที่ 2.5 พื้นที่สามเหลี่ยมสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.4 พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลมีด้วยกัน 3 ส่วน คือ พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลของนิ้วชี้และนิ้วกลาง, พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลของนิ้วกลางและนิ้วนางและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลของนิ้วนางและนิ้วก้อย

$$D = \frac{1}{2} \times |x_{n+1} - x_n| \times |y_{n+1} - y_n| \quad (2.4)$$

เมื่อ	$D$	คือ	พื้นที่สามเหลี่ยม ( $\text{mm}^2$ )
	$x_n, y_n$	คือ	พิกัดจุดเริ่มต้นของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล (mm)
	$x_{n+1}, y_{n+1}$	คือ	พิกัดจุดปลายของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล (mm)



รูปที่ 2.5 พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล

### ผลการทดลอง

จากตารางที่ 1 แสดงระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลมือขวาของบุคคลจำนวน 10 คน พบว่า ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลาง, ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนางและระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วนางและนิ้วก้อย โดยมีค่าความแตกต่างมากที่สุด 9.7248, 5.0100 และ 11.6103 มิลลิเมตร ตามลำดับ ตารางที่ 2 แสดงไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลมือซ้ายของบุคคลจำนวน 10 คน พบว่า ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลาง, ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนางและระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วนางและนิ้วก้อย โดยมีค่าความแตกต่างมากที่สุด 8.7527, 11.0174 และ 14.0315 มิลลิเมตร ตามลำดับ เพื่อพิจารณาระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลางของมือซ้ายและมือขวา พบว่า ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลางในมือขวาของคนที่ 3 กับคนที่ 6 มีค่าเท่ากัน มีค่าเท่ากับ 28.3314 มิลลิเมตร แต่อย่างไรก็ตามระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนางและระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วนางและนิ้วก้อยมีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า ระยะห่างระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลเมื่อนำมาคิดสามารถนำไปใช้ในการระบุหรือตรวจสอบอัตลักษณ์บุคคลได้

**ตารางที่ 1** ระยะห่างระหว่างข้อต่อในแต่ละข้อของมือซ้าย

	ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลาง (mm)	ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนาง (mm)	ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วนางและนิ้วก้อย (mm)
คนที่ 1	31.5254	26.8796	22.3256
คนที่ 2	24.9397	26.7870	19.8508
คนที่ 3	31.7026	24.0130	18.6958
คนที่ 4	31.5398	24.3718	25.9507
คนที่ 5	30.1996	23.7433	20.0316
คนที่ 6	33.7973	25.3683	30.3061
คนที่ 7	34.5674	27.5167	25.9157
คนที่ 8	34.6645	27.0290	20.6663
คนที่ 9	32.1988	28.3154	28.5186
คนที่ 10	29.3735	28.7533	21.5225

**ตารางที่ 2** ระยะห่างระหว่างข้อต่อในแต่ละข้อของมือขวา

	ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลาง (mm)	ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนาง (mm)	ระยะห่างระหว่างข้อต่อนิ้วนางและนิ้วก้อย (mm)
คนที่ 1	31.0575	27.5942	23.4287
คนที่ 2	28.9691	24.7070	20.0979
คนที่ 3	28.3314	24.7099	22.7002
คนที่ 4	30.4719	35.2849	29.0476
คนที่ 5	30.6077	24.2675	24.3489
คนที่ 6	28.3314	29.2960	24.9355
คนที่ 7	37.0841	25.1145	22.0622
คนที่ 8	25.6987	24.9607	20.2350
คนที่ 9	28.5407	28.8214	27.3764
คนที่ 10	33.9503	29.1630	15.0161

ตารางที่ 3, 4 แสดงการหาพื้นที่สามเหลี่ยมของภาพหลังมือขวาและมือซ้ายของข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลมือซึ่งพื้นที่ 3 เหลี่ยมประกอบไปด้วย 3 ส่วนด้วยกัน คือ พื้นที่สามเหลี่ยมของนิ้วชี้และนิ้วกลาง, พื้นที่ของนิ้วกลางและนิ้วนาง, พื้นที่ของสามเหลี่ยมระหว่างนิ้วนางและนิ้วก้อย พบว่า พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลาง, พื้นที่เอ็กสาร์ปเป็นเอ็กสาร์ปที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามาใช้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนางและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วนางและนิ้วก้อยของมือขวา โดยมีค่าความแตกต่างมากที่สุด 315.3833, 304.2708 และ 361.2888 ตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ และพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลาง, พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนางและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วนางและนิ้วก้อยของมือซ้าย โดยมีค่าความแตกต่างมากที่สุด 691.4886, 412.0885 และ 415.925 ตารางมิลลิเมตรตามลำดับ เมื่อพิจารณาพื้นที่สามเหลี่ยมของบุคคลจำนวน 10 คนทั้งมือขวาและมือซ้ายพบว่าพื้นที่ที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า พื้นที่สามเหลี่ยมหลังมือระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียลสามารถนำไปใช้ในการระบุอัตลักษณ์บุคคลได้เช่นกัน

ตารางที่ 3 พื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อในแต่ละข้อของมือซ้าย

	พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลาง (mm <sup>2</sup> )	พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนาง (mm <sup>2</sup> )	พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วนางและนิ้วก้อย (mm <sup>2</sup> )
คนที่ 1	94.4562	452.4375	419.1000
คนที่ 2	87.0479	372.1364	250.0312
คนที่ 3	220.3979	329.9354	266.7000
คนที่ 4	110.1989	375.4437	413.8083
คนที่ 5	325.9667	253.2062	156.6333
คนที่ 6	350.0437	328.6125	355.6000
คนที่ 7	223.5729	508.0000	517.9218
คนที่ 8	34.6604	497.4167	244.7396
คนที่ 9	208.0948	557.4770	603.1177
คนที่ 10	218.2812	268.9490	291.5708

ตารางที่ 4 พื้นที่สามเหลี่ยมของข้อต่อในแต่ละข้อของมือขวา

	พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วชี้และนิ้วกลาง (mm <sup>2</sup> )	พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วกลางและนิ้วนาง (mm <sup>2</sup> )	พื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อนิ้วนางและนิ้วก้อย (mm <sup>2</sup> )
คนที่ 1	258.6567	347.3979	418.0417
คนที่ 2	257.1750	194.7333	202.8031
คนที่ 3	291.7031	252.8094	328.0833
คนที่ 4	571.5000	331.7875	517.7896
คนที่ 5	249.9320	318.3268	345.2812
คนที่ 6	64.1614	395.8167	314.8542
คนที่ 7	280.4583	402.8281	515.2760
คนที่ 8	755.6500	101.8646	101.8646
คนที่ 9	206.3750	513.9531	430.6094
คนที่ 10	291.7031	448.7333	364.9927

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ภาพหลังมือที่ถ่ายจากกล้องอินฟราเรดจะถูกแปลงเป็นภาพสีเทาและภาพขาว-ดำ ตามลำดับ จากนั้นภาพขาว-ดำ จะถูกกรองข้อมูลภาพเพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพก่อนนำไปหาระยะห่างระหว่างข้อต่อและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปไฟแลงเจียล เมื่อพิจารณาระยะห่างระหว่างข้อต่อและพื้นที่สามเหลี่ยมพบว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการนำระยะห่างระหว่างข้อต่อและพื้นที่สามเหลี่ยมระหว่างข้อต่อเมตาคาร์โปไฟแลงเจียลสามารถนำไปใช้ในการระบุอัตลักษณ์บุคคลได้ และจากรูปภาพที่ถ่ายได้จากระบบยังสามารถนำภาพที่ได้ไปใช้ในการระบุอัตลักษณ์บุคคลโดยใช้เส้นเลือดบริเวณหลังมือได้ แต่เนื่องจากระบบที่ใช้ต้องยังต้องการปรับโพกัสของกล้องในขณะที่ถ่ายรูปจึงอาจทำให้รูปที่ได้ไม่คมชัด วิธีแก้ไขควรเลือกใช้เลนส์กล้องที่มีระบบปรับโพกัสแบบอัตโนมัติ

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และขอขอบคุณ Yildiz, M. Z., Boyraz, O. F., Guleryuz, E., Akgul, A., & Hussain from Department of Electrical & Electronics Engineering, Faculty of Technology, Sakarya University of Applied Sciences, 54187 Sakarya, Turkey and Department of Mathematics, Statistics and Physics, Qatar University, Doha 2713, Qatar ที่สนับสนุนภาพถ่ายหลังมือ

## เอกสารอ้างอิง

1. Christoph G. Birngruber , Kerstin Kreutz , Frank Ramsthaler , Jonathan Kräahn , Marcel A. Verhoff. (2010). Superimposition technique for skull identification with Afloat® software. *Int J Legal Med*, 124, 471–475.
2. Hans H. de Boer, Soren Blau, Tania Delabarde & Lucina Hackman (2019) The role of forensic anthropology in disaster victim identification (DVI): recent developments and future prospects, *Forensic Sciences Research*, 4(4), 303-315
3. Stefanie Ritz-Timme, Peter Gabriel, Zuzana Obertová , Melanie Boguslawski, F. Mayer, A. Drabik, Pasquale Poppa, Danilo De Angelis, Romina Ciaffi, Benedetta Zanotti, Daniele Gibelli, Cristina Cattaneo. (2011). A new atlas for the evaluation of facial features: advantages, limits, and applicability. *Int J Legal Med*, 125, 301–306.
4. A. Valenzuela, S. Martin-de las Heras, T. Marques ·N. Exposito, J. M. Bohoyo. (2000), The application of dental methods of identification to human burn victims in a mass disaster. *Int J Legal Med*, 113, 236 –239.
5. M.A. Ferrer, A. Morales, L. Ortega. (2009), Infrared hand dorsum images for identification. *ELECTRONICS LETTERS*, Vol. 45 No. 6.
6. C.M. Travieso et al., (2014), Hand shape identification on multirange images. *Information Sciences*,

เอกสารนี้ 275, 45-56. สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Lin Chunyi, Li Mingzhong, Sun Xiao. ( 2012 ), A Finger Vein Recognition Algorithm Based on Gradient Correlation. *AASRI Procedia*, 1, 40-45.
8. Jian-Da Wu, Siou-Huan Ye. (2009), Driver identification using finger-vein patterns with Radon transform and neural network. *Expert Systems with Applications*, 36, 5793–5799.
9. Masaki Watanabe, Toshio Endoh, Morito Shiohara, and Shigeru Sasaki. (2005). Palm vein authentication technology and its applications. *Proceedings of The Biometric Consortium Conference*, 19-21 September 2005, Hyatt Regency Crystal City, Arlington, VA, USA.
10. Yildiz, M.Z., Boyraz, Ö.F. (2019). Development of a low-cost microcomputer based vein imaging system. *Infrared Physics & Technology*, 98, 27-35.
11. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L. Eddins. (2009). *Digital Image Processing Using MATLAB*. United States of America, Gatesmark Publishing A Division of Gatesmark , LLC.
12. Gérard Blanchet, Maurice Charbit. (2006). *Digital Signal and Image Processing using MATLAB®*. Great Britain by Antony Rowe Ltd, Chippenham, Wiltshire.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้