

การตรวจหาและติดตามใบหน้าและมือมนุษย์สำหรับภาษามือ



นายนฤตม์ สุนทรานนท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-6869-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I21941713

HUMAN FACE AND HANDS DETECTION AND TRACKING FOR SIGN LANGUAGE



Mr. Narut Soontranon

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

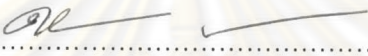
Academic Year 2004

ISBN 974-17-6869-9


หัวข้อวิทยานิพนธ์                      การตรวจหาและติดตามใบหน้าและมีมนุษย์สำหรับภาษามือ  
โดย    นายนฤตม์ สุนทรานนท์  
สาขาวิชา                                      วิศวกรรมไฟฟ้า  
อาจารย์ที่ปรึกษา                              ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี อร่ามวิทย์  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม                              อาจารย์ ดร.ธนรัตน์ ชลิตาพงศ์

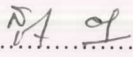
---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้แนบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

  
..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย จิตะพันธ์กุล)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี อร่ามวิทย์)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(อาจารย์ ดร.ธนรัตน์ ชลิตาพงศ์)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ สุวิทย์ นาคพีระยุทธ)

นฤตม์ สุนทรานนท์ : การตรวจหาและติดตามใบหน้าและมือมนุษย์สำหรับวีดิทัศน์ภาษามือ.  
(HUMAN FACE AND HANDS DETECTION AND TRACKING FOR SIGN LANGUAGE)  
อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี อร่ามวิทย์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : อาจารย์ ดร.ธนารัตน์  
ชลิดาพงศ์, 121 หน้า. ISBN 947-17-6869-9.

วิทยานิพนธ์นี้เสนอการตรวจหาและติดตามใบหน้าและมือมนุษย์สำหรับภาษามือ ขั้นแรกทำการคัดเลือกปริภูมิที่มีความเหมาะสมจาก 3 ปริภูมิสี่เหลี่ยม คือ rg, HS และ CbCr โดยใช้วิธีของแบบจำลองชนิดไม่มีตัวแปร พบว่าปริภูมิสี่เหลี่ยม CbCr มีความเหมาะสมมากที่สุดต่อการแยกสีผิวมนุษย์ โครงสร้างระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนเริ่มต้นและส่วนการติดตาม ส่วนเริ่มต้นจะใช้คุณลักษณะสีผิวในการหาตำแหน่งใบหน้าและมือของผู้แปลภาษามือ และเสนอให้ใช้แบบจำลองวงรีบนปริภูมิสี่เหลี่ยม CbCr ในการแยกส่วนสีผิวเพื่อลดความซับซ้อนในการคำนวณ เมื่อแยกส่วนสีผิวออกมาแล้วจะใช้คุณลักษณะของขนาดและองค์ประกอบสำคัญของใบหน้ามาทำการกำหนดว่าล็อบนั้นเป็นใบหน้าหรือมือ และจากสมมติฐานที่ว่าใบหน้าที่มีการเคลื่อนไหวน้อยกว่ามือมาก ในส่วนการติดตามการประมาณการเคลื่อนที่จะถูกใช้สำหรับล็อบบริเวณมือเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ซึ่งอนุพันธ์อันดับหนึ่งและสองถูกนำมาคำนวณเพื่อทำนายตำแหน่งของมือ สังเกตพบว่าค่าผิดพลาดจะเกิดกรณีที่มือมีการเปลี่ยนตำแหน่งอย่างทันทีทันใดระหว่าง 2 เฟรมที่อยู่ติดกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการติดตามจึงเสนอวิธีชดเชยความผิดพลาดจากตำแหน่งของการติดตาม โดยใช้การปรับตัวของขอบเขตการค้นหาและทำการคำนวณซ้ำอีกครั้ง ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีที่นำเสนอสามารถติดตามมือได้อย่างแม่นยำ โดยใช้เวลาในการคำนวณเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยเท่านั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....ลายมือชื่อนิสิต..... นฤตม์ สุนทรานนท์  
สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ปีการศึกษา.....2547.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



## 4570377721 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD: SKIN COLOR MODELING / FACE AND HANDS DETECTION / FACE AND HANDS TRACKING / SIGN LANGUAGE

NARUT SOONTRANON : HUMAN FACE AND HANDS DETECTION AND TRACKING FOR SIGN LANGUAGE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SUPAVADEE ARAMVITH, Ph.D., THESIS COADVISOR : THANARAT CHALIDABHONG, Ph.D., 121 pp. ISBN 974-17-6869-9.

This thesis proposed human face and hands detection and tracking for sign language. Firstly we performed preliminary evaluation on three color subspaces (rg, HS and CbCr) using non-parametric model approach, and found that CbCr color subspace is the most suitable one for human skin color segmentation. The system is divided into two stages; the initial and tracking stages. In initial stage, we use skin feature to localize face and hands of signer. The ellipse model on CbCr color subspace is used to detect skin color such that the complexity of the detection algorithm could be reduced. After the skin regions have been segmented, face and hand blobs are defined by using size and facial feature with the assumption that the movement of face is less than that of hands in this signing scenario. In tracking stage, the motion estimation is applied only hand blobs, in which first and second derivative are used to compute the position of prediction of hands. We observe from the simulations that there are errors in the value of tracking position between two consecutive frames in which location has changed abruptly. To improve the tracking performance, the proposed algorithm compensates the error of tracking position by using adaptive search area to re-compute the hand blobs. Simulation results indicate our proposed algorithm can track face and hand with higher precision with negligible computational complexity increase.

Department.....Electrical Engineering.....Student's signature.....*Narut*  
Field of study.....Electrical Engineering.....Advisor's signature.....*Syruach*  
Academic year.....2004.....Co-advisor's signature.....*[Signature]*

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี กระผมใคร่ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี อร่ามวิทย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ ดร.ธนารัตน์ ชลิตาพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ซึ่งทั้งสองท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ พร้อมทั้งแรงกระตุ้นและแรงบันดาลใจในการทำวิจัยมา ด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ในการศึกษาในการนำไปใช้เกี่ยวกับงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณโครงการวิจัยร่วมเสริมสร้างความเชื่อมโยงระหว่างภาควิชาชีพวิศวกรรมไฟฟ้า และภาคเอกชนทางด้านการวิจัยและพัฒนา ที่ให้การสนับสนุนเกี่ยวกับการทำงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ รุ่นพี่ รุ่นน้อง เพื่อน ๆ ผู้วิจัยทุกคน ไม่ว่าจะป็นภายในห้องปฏิบัติการวิจัยการประมวลผลสัญญาณดิจิทัลหรือที่ใดก็ตาม สำหรับความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำวิจัยตลอดมา ขอขอบคุณที่ทำให้วันและเวลาของผู้วิจัยผ่านไปอย่างมีความหมาย

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

บทที่	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
ดัชนีคำศัพท์.....	ฒ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ภาพรวมของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
1.2 แนวทางของวิทยานิพนธ์.....	6
1.3 เป้าหมายและขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	6
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน .....	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
1.6เค้าโครงวิทยานิพนธ์.....	7
2. ทฤษฎีพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	9
2.1 ปริภูมิสี.....	9
2.1.1 ปริภูมิสี RGB.....	9
2.1.2 ปริภูมิสี RGB นอร์มัลไลซ์ (rgb) .....	10
2.1.3 ปริภูมิสี HSI.....	13
2.1.4 ปริภูมิสี YCbCr.....	15
2.1.5 ปริภูมิสี L*a*b.....	21
2.2 การหาความเยื้องศูนย์กลาง (Eccentricity).....	23
2.3 การวิเคราะห์ส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน (Connected Component Analysis).....	25
2.4 การประมวลผลภาพเชิงสีฐาน (Morphological Image Processing).....	26
2.4.1 การดำเนินการตรรกะกับรูปภาพฐานสอง.....	26
2.4.2 การทำไดเลชัน (Dilation) และ การทำอีโรชัน (Erosion).....	27
2.4.3 ตัวดำเนินการแบบเปิดและปิด.....	29
2.4.4 ความเป็นวงกลม (Circularity).....	31



บทที่	หน้า
2.4.5 การแปลงแบบฮิตหรือมิส (Hit-or-miss transformation) .....	32
2.4.6 การสกัดขอบ (Boundary Extraction) .....	33
2.4.7 การเติมเต็มลงในบริเวณที่ถูกล้อมรอบ (Region filling) .....	34
2.4.8 กระบวนการทinning (Thinning).....	34
2.5 การตรวจหาขอบ (Edge Detection) .....	35
2.6 การวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง .....	39
2.7 การเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวเส้นตรง .....	41
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการติดตามและภาษามือ .....	42
2.9 แนวทางแก้ปัญหาการผสมและแยกกันของวัตถุ.....	45
3. กรรมวิธีที่นำเสนอ.....	46
3.1 โครงสร้างของระบบตรวจหาและติดตามใบหน้าและมือ .....	46
3.2 การแยกส่วนสีผิวมนุษย์.....	49
3.2.1 การแยกส่วนสีผิวแต่ละปริภูมิสีโดยใช้แบบจำลองชนิดไม่มีตัวแปร .....	50
3.2.2 การกระจายตัวของจุดภาพบริเวณสีผิวในปริภูมิสีย่อย CbCr.....	51
3.2.3 กรรมวิธีการหาขอบเขตของวงรีด้วยวิธีหาความเอียงศูนย์กลาง.....	53
3.3 ตัวดำเนินการแบบปิด .....	56
3.4 การทำป้ายและหาตำแหน่ง (Labeling and Localization) .....	57
3.5 การแยกส่วนสำคัญต่าง ๆ .....	58
3.5.1 ขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการแยกบริเวณใบหน้าออกจากส่วนคอ .....	58
3.5.2 การแยกองค์ประกอบที่สำคัญบริเวณใบหน้า (ตา คิ้ว จมูก และ ปาก).....	59
3.5.3 การแยกระหว่างส่วนมือและแขนเชิงพื้นที่.....	60
3.6 การติดตาม (Tracking) .....	61
3.6.1 การหาตำแหน่งที่ใช้เป็นค่าบรรทัดฐาน.....	62
3.6.2 การประมาณการเคลื่อนที่ของมือ .....	62
3.6.3 การปรับขนาดขอบเขตการค้นหาให้สอดคล้องกับความเร็ว .....	64
4. ผลการทดลอง.....	65
4.1 การตรวจหาบริเวณส่วนสีผิวโดยใช้แบบจำลองชนิดไม่มีตัวแปร.....	67
4.2 การแยกบริเวณส่วนสีผิว ในปริภูมิสีย่อย CbCr.....	70
4.2.1 แบบจำลองค่าสูงสุดต่ำสุดของแต่ละองค์ประกอบ .....	70



บทที่	หน้า
4.2.2 แบบจำลองวงรีในปริภูมิสี่ย่อย CbCr.....	72
4.2.3 การเรียนรู้สีผิวของกล้องโซนี่ (Sony) รุ่น EVI-D100P .....	76
4.3 ผลจากตัวดำเนินการแบบปิด .....	79
4.4 ผลการแยกองค์ประกอบสำคัญต่าง ๆ.....	80
4.4.1 ผลการแยกบริเวณส่วนใบหน้าจากคอ .....	80
4.4.2 ผลการแยกองค์ประกอบสำคัญบริเวณใบหน้า.....	80
4.4.3 การแยกจุดเชื่อมต่อระหว่างแขนกับข้อมือ .....	81
4.5 ผลจากการวิเคราะห์หาบริเวณที่เชื่อมต่อกันและหาจุดศูนย์กลางถ่วงของแต่ละวัตถุ.....	82
4.6 การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ของจุดศูนย์กลางถ่วงแต่ละบริเวณ .....	83
4.7 ผลการวัดความเป็นวงกลม .....	86
4.8 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของมือ.....	88
4.9 ความผิดพลาดของตำแหน่งมือทั้งสอง .....	89
4.9.1 การประมาณการเคลื่อนที่แบบที่ 2 .....	89
4.9.2 การประมาณการเคลื่อนที่แบบที่ 1 และปรับขอบเขตค้นหาให้ สอดคล้องกับความเร็ว.....	91
4.10 ผลของการติดตามใบหน้าและมือ.....	92
4.11 แนวทางแก้ปัญหาการผสมและแยกกันระหว่างใบหน้าและมือ.....	95
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ .....	97
5.1 สรุปผลการวิจัย .....	97
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต .....	98
รายการอ้างอิง.....	100
ภาคผนวก.....	103
บทความทางวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่.....	104
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	121

## สารบัญญัตินำ

ญ

บทที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 การดำเนินการตรวจประเมินพื้นฐาน 4 ตัวดำเนินการ.....	26
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติความเป็นวงกลมของทั้ง 3 บริเวณ.....	31
ตารางที่ 4.1 ค่าความถูกต้องในแต่ละปริภูมิสี่เหลี่ยมของแบบจำลองชนิดไม่มีตัวแปรเทียบกับ การแยกส่วนสีผิวด้วยสายตาของลำดับวิธีทัศน์ที่ 1.....	68
ตารางที่ 4.2 ค่าความถูกต้องในแต่ละปริภูมิสี่เหลี่ยมของแบบจำลองชนิดไม่มีตัวแปรเทียบกับ การแยกส่วนสีผิวด้วยสายตาของลำดับวิธีทัศน์ที่ 2.....	69
ตารางที่ 4.3 ค่าความถูกต้องในแต่ละปริภูมิสี่เหลี่ยมของแบบจำลองชนิดไม่มีตัวแปรเทียบกับ การแยกส่วนสีผิวด้วยสายตาของลำดับวิธีทัศน์ที่ 3.....	69
ตารางที่ 4.4 ค่าความถูกต้องในแต่ละปริภูมิสี่เหลี่ยมของแบบจำลองชนิดไม่มีตัวแปรเทียบกับ การแยกส่วนสีผิวด้วยสายตาของลำดับวิธีทัศน์ที่ 4.....	69
ตารางที่ 4.5 ค่าความถูกต้องของแบบจำลองค่าสูงสุดต่ำสุด [13] เทียบกับ การแยกส่วนสีผิวด้วยสายตา.....	71
ตารางที่ 4.6 ค่าความถูกต้องของแบบจำลองวงรีเทียบกับการแยกส่วนสีผิวด้วยสายตา.....	74
ตารางที่ 4.7 ค่า DR และค่า FAR ที่ลดลง เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองทั้งสอง.....	74
ตารางที่ 4.8 ค่าความถูกต้องของแบบจำลองวงรีเทียบกับการแยกส่วนสีผิวด้วยสายตา เมื่อวิธีทัศน์เข้าได้จากการบันทึกด้วยกล้องชนิด รุ่น EVI-D 100P.....	78
ตารางที่ 4.9 ขนาดและค่าความเป็นวงกลมในแต่ละบริเวณของวิธีทัศน์ที่ 1.....	86
ตารางที่ 4.10 ขนาดและค่าความเป็นวงกลมในแต่ละบริเวณของวิธีทัศน์ที่ 2.....	87
ตารางที่ 4.11 ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นและเวลาประมวลผลที่ใช้ระหว่างขั้นตอนวิธีของ [15] เปรียบเทียบกับวิธีปรับขอบเขตการค้นหาให้สอดคล้องกับความเร็ว.....	94

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 1.1 ตัวอย่างลำดับวีดิทัศน์การใช้ภาษามือไทย.....	1
รูปที่ 1.2 ส่วนวิเคราะห์และสังเคราะห์ของระบบแปลภาษามือ.....	2
รูปที่ 1.3 กระบวนการในการแยกส่วนสีผิว.....	4
รูปที่ 1.4 ตัวอย่างของถุงมือไซเบอร์.....	5
รูปที่ 1.5 โครงสร้างของระบบแปลภาษาที่อาศัยพื้นฐานการมองเห็น.....	5
รูปที่ 2.1 ปริภูมิสี RGB.....	10
รูปที่ 2.2 ความแตกต่างของแสงในปริภูมิสี rgb จะถูกละทิ้ง.....	11
รูปที่ 2.3 ขั้นตอนวิธีการตรวจหาใบหน้าซึ่งมีการปรับตัวของแบบจำลองสีผิว เสนอโดย จะถูกละทิ้ง J. Fritsch [6].....	12
รูปที่ 2.4 การกระจายตัวของจุดภาพที่เป็นสีผิวในปริภูมิสีย่อย rg ของ J. Fritsch [6].....	12
รูปที่ 2.5 ปริภูมิสี HSI.....	13
รูปที่ 2.6 ฮิสโทแกรมของจุดภาพที่เป็นสีผิวในปริภูมิสีย่อย HS ของ Q. Huynh-Thu [8].....	15
รูปที่ 2.7 ภาพขนาด 320x240 จุดภาพ ที่มีค่าความสว่างต่างกัน (ก) ความสว่างที่ระดับปกติ (ข) ความสว่างที่ถูกลดระดับลงครึ่งหนึ่ง.....	16
รูปที่ 2.8 ค่าฮิสโทแกรมในปริภูมิ RGB ของภาพ 2.7 (ก) และ 2.7 (ข) ตามลำดับ.....	16
รูปที่ 2.9 ค่าฮิสโทแกรมในปริภูมิ YCbCr ของภาพ 2.7 (ก) และ 2.7 (ข) ตามลำดับ.....	17
รูปที่ 2.10 ผลการแยกสีผิวและตรวจหาใบหน้าของ R.L. Hsu [12].....	18
รูปที่ 2.11 ขั้นตอนวิธีการตรวจหาใบหน้าที่เสนอโดย R.L. Hsu [12].....	19
รูปที่ 2.12 ขั้นตอนวิธีในการแยกใบหน้าและมือที่เสนอโดย N. Habili [11].....	20
รูปที่ 2.13 ขั้นตอนวิธีในการแยกสีผิวเสนอโดย N. Habili [11].....	20
รูปที่ 2.14 ปริภูมิสี L*a*b.....	21
รูปที่ 2.15 (ก) ขอบเขตของปริภูมิสีย่อย ab เมื่อเทียบกับปริภูมิสี RGB (ข) การกระจายตัวของจุดภาพที่เป็นสีผิวในปริภูมิสีย่อย ab [16].....	22
รูปที่ 2.16 รูปร่างที่จะหาความเยื้องศูนย์กลาง.....	23
รูปที่ 2.17 แปลงไปสู่ระนาบ $\alpha\beta$ .....	24
รูปที่ 2.18 การพิจารณาจุดภาพข้างเคียง (ก) แบบ 4 จุดเชื่อมต่อ (ข) แบบ 8 จุดเชื่อมต่อ.....	25
รูปที่ 2.19 การเข้ารหัสลูกโซ่แบบ 4 จุดเชื่อมต่อโดยมีรหัสคือ 3,0,0,3,0,1,1,2,1,2,3,2 และค่าอนุพันธ์เป็น 1,0,3,1,1,0,1,3,1,1,3,1.....	25



## สารบัญญภาพ (ต่อ)

๗

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 2.20 กำหนดกลุ่มของจุดภาพที่เป็นวัตถุเดียวกันหรือการทำป้าย.....	26
รูปที่ 2.21 ตัวอย่างของการดำเนินการตรรกะระหว่างรูปภาพฐานสอง .....	27
รูปที่ 2.22 การทำไคเลชัน.....	28
รูปที่ 2.23 การทำอีโรชัน.....	29
รูปที่ 2.24 ตัวดำเนินการแบบเปิด .....	30
รูปที่ 2.25 ตัวดำเนินการแบบปิด .....	30
รูปที่ 2.26 รูปภาพฐานสองที่ต้องการวัดความเป็นวงกลมในแต่ละบริเวณ.....	32
รูปที่ 2.27 การแปลงแบบฮิตหรือมิส.....	33
รูปที่ 2.28 การสกัดขอบ .....	33
รูปที่ 2.29 การเติมเต็มบริเวณที่ถูกล้อมรอบ .....	34
รูปที่ 2.30 กระบวนการธinning.....	35
รูปที่ 2.31 แบบจำลองของขอบ .....	36
รูปที่ 2.32 มาสก์ต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าเกรเดียนต์ที่จุด $Z_5$ .....	38
รูปที่ 2.33 เกณฑ์ในการแยกค่าตัวแปรทั้ง 4.....	40
รูปที่ 2.34 ความหมายของตัวแปรทั้ง 4 ตัวแปร สามารถอธิบายได้ดังนี้	
(ก) ภาพอ้างอิงซึ่งได้จากการแยกส่วนใบหน้าด้วยสายตามนุษย์	
(ข) ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองตรวจหาใบหน้า	
(ค) ■ TP (ส่วนบริเวณใบหน้าที่ตรวจหาได้ถูกต้อง)	
■ TN (ส่วนฉากหลังที่ตรวจหาได้ถูกต้อง)	
■ FP (ส่วนฉากหลังแต่แบบจำลองให้ผลเป็นค่าบริเวณใบหน้า)	
FN (ส่วนบริเวณใบหน้าแต่แบบจำลองให้ค่าเป็นฉากหลัง) .....	40
รูปที่ 2.35 การแสดงประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยกราฟ ROC.....	41
รูปที่ 2.36 ผลการติดตามมือและแนววิถี (Trajectory) ที่นำเสนอโดย K. Imagawa [2] .....	43
รูปที่ 2.37 แบบจำลองและผลการแยกสีผิวของ N. Tanibata [3]	
(ก) บริเวณที่ถูกกำหนดเป็นสีผิวบนปริภูมิสีย่อย HS	
(ข) ผลลัพธ์เมื่อเลือกเฉพาะขอบเขต B	
(ค) ผลลัพธ์เมื่อเลือกขอบเขต B และ C.....	44
รูปที่ 2.38 ผลการติดตามใบหน้าและมือที่เสนอโดย N. Tanibata [3].....	44



## สารบัญญภาพ (ต่อ)

๕๖

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 2.39 การผสมกันระหว่าง 2 วัตถุ .....	45
รูปที่ 2.40 การแยกกันระหว่าง 2 วัตถุ .....	45
รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบตรวจหาและติดตามใบหน้าและมือ	
(ก) ส่วนเริ่มต้น (ข) ส่วนการติดตาม .....	48
รูปที่ 3.2 สีผิวของมนุษย์ที่มีเชื้อชาติต่างๆ กัน .....	50
รูปที่ 3.3 วิธีการของแบบจำลองชนิดไม่มีตัวแปร .....	51
รูปที่ 3.4 การกระจายของ (ก) ส่วนสีผิว (ข) ส่วนที่ไม่ใช่สีผิว ในปริภูมิ YCbCr .....	52
รูปที่ 3.5 การกระจายของสีผิวและส่วนที่ไม่ใช่สีผิว ในปริภูมิสีย่อย CbCr .....	52
รูปที่ 3.6 ค่าการกระจายตัวของจุดภาพสีผิว บนระนาบ CbCr และ $\alpha\beta$ .....	53
รูปที่ 3.7 ขอบเขตของวงรีเมื่อกำหนดขีดแบ่งเท่ากับ 4 .....	56
รูปที่ 3.8 หลังจากผ่านการวิเคราะห์ส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน .....	57
รูปที่ 3.9 ขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการแยกส่วนใบหน้าออกจากคอ .....	58
รูปที่ 3.10 ขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการหาองค์ประกอบสำคัญบนใบหน้า .....	59
รูปที่ 3.11 (ก) มาสก์ที่ได้จากการแยกส่วนสีผิว	
(ข) มาสก์ที่ผ่านกระบวนการธินิ่ง	
(ค) บริเวณที่ถูกกำหนดเป็นมือ .....	60
รูปที่ 3.12 ขั้นตอนวิธีในการติดตามใบหน้าและมือ .....	61
รูปที่ 3.13 การกำหนดขอบเขตในการตรวจหาวัตถุเฟรมถัดไป .....	62
รูปที่ 3.14 การประมาณการเคลื่อนที่แบบที่ 2 [15] .....	63
รูปที่ 4.1 รูปภาพที่ใช้ทดลอง และ บริเวณสีผิวที่ถูกตัดมาใช้เป็นตัวอย่าง ในแต่ละวิถีทัศน์ .....	66
รูปที่ 4.2 รูปภาพบางส่วนที่บันทึกจากกล้องโซนี่ รุ่น EVI-D100P .....	67
รูปที่ 4.3 การแยกบริเวณส่วนสีผิวด้วยสายตา (ก-1) - (ง-1) และผลจากการแยกโดยใช้	
แบบจำลองชนิดไม่มีตัวแปร ในปริภูมิสีย่อย rg (ก-2) - (ง-2), HS (ก-3) - (ง-3)	
และ CbCr (ก-4) - (ง-4) ตามลำดับ .....	68
รูปที่ 4.4 การแยกส่วนสีผิวด้วยแบบจำลองซึ่งนำเสนอโดย S.L. Phung [13] .....	70
รูปที่ 4.5 ผลการแยกบริเวณส่วนสีผิวโดยแบบจำลองค่าสูงสุดต่ำสุด [13]	
เมื่อกำหนดขีดแบ่งเท่ากับ 4 .....	71
รูปที่ 4.6 การหาขีดแบ่งที่เหมาะสมในแต่ละรูปภาพ .....	72

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.7 การกระจายตัวของจุดภาพสีผิวในปริภูมิสี่เหลี่ยม CbCr ของแต่ละวิถีทัศนียภาพทดสอบ .....	73
รูปที่ 4.8 ผลการแยกบริเวณส่วนสีผิวโดยใช้แบบจำลองวงรีเมื่อกำหนดขีดแบ่งเท่ากับ 4 .....	73
รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองค่าสูงสุดต่ำสุด [13] กับแบบจำลองวงรีด้วยกราฟ ROC .....	75
รูปที่ 4.10 บริเวณสีผิวที่ใช้เป็นตัวอย่าง .....	76
รูปที่ 4.11 การกระจายตัวของบนปริภูมิสี่เหลี่ยม CbCr ของบริเวณสีผิวตัวอย่าง .....	76
รูปที่ 4.12 ผลของมาสก์ที่ได้เมื่อแยกสีผิวด้วยแบบจำลองวงรีเมื่อกำหนดค่า $\eta = 2$ .....	77
รูปที่ 4.13 ผลจากการใช้ตัวดำเนินการแบบปิด .....	79
รูปที่ 4.14 การแยกบริเวณส่วนใบหน้าจากคอ โดยกรรมวิธีตรวจหาขอบแบบไขว้ศูนย์ .....	80
รูปที่ 4.15 ผลการแยกองค์ประกอบสำคัญบนใบหน้าโดยใช้ความแตกต่างของความสว่าง .....	80
รูปที่ 4.16 ผลจากกระบวนการอินนิง .....	81
รูปที่ 4.17 ผลจากการวิเคราะห์หาบริเวณที่เชื่อมต่อกัน และหาจุดศูนย์ถ่วงของแต่ละวัตถุ .....	80
รูปที่ 4.18 แนวทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์ถ่วง .....	83
รูปที่ 4.19 การเปลี่ยนตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงของแต่ละบลิบ .....	84
รูปที่ 4.20 ขนาดของบลิบในแต่ละเฟรม .....	85
รูปที่ 4.21 รูปภาพทดสอบจากวิถีทัศนียภาพ 1 ที่นำมาวัดค่าความเป็นวงกลม (เฟรมที่ 1, 10, 30 และ 50) .....	87
รูปที่ 4.22 รูปภาพทดสอบจากวิถีทัศนียภาพ 2 ที่นำมาวัดค่าความเป็นวงกลม (เฟรมที่ 10, 30, 50 และ 70) .....	87
รูปที่ 4.23 ความเร็ว (จุดภาพต่อเฟรม) ในการเคลื่อนที่ของแต่ละบลิบ .....	88
รูปที่ 4.24 ค่าความผิดพลาดของตำแหน่งมือทั้งสอง [15] .....	89
รูปที่ 4.25 ค่าความผิดพลาดของตำแหน่งมือทั้งสอง (นำเสนอ) .....	91
รูปที่ 4.26 ผลลัพธ์ที่ได้จากการติดตามในแต่ละเฟรมของวิถีทัศนียภาพที่ 1 .....	92
รูปที่ 4.27 ผลลัพธ์ที่ได้จากการติดตามในแต่ละเฟรมของวิถีทัศนียภาพที่ 2 .....	93
รูปที่ 4.28 ผลลัพธ์ที่ได้จากการติดตามในแต่ละเฟรมของวิถีทัศนียภาพที่ 3 .....	93
รูปที่ 4.29 ผลลัพธ์ที่ได้จากการติดตามในแต่ละเฟรมของวิถีทัศนียภาพที่ 4 .....	93
รูปที่ 4.30 วิถีทัศนียภาพที่มีการผลานและแยกกันระหว่างใบหน้าและมือของผู้แปลภาษามือ .....	95
รูปที่ 4.31 ผลของแนวทางแก้ปัญหาการผลานและแยกกันระหว่างใบหน้าและมือ .....	96

## ดัชนีคำศัพท์

algorithm	ขั้นตอนวิธี
analog	แอนะล็อก
binary image	รูปภาพฐานสอง
blob	บล็อบ
boundary extraction	การสกัดขอบ
center of gravity	จุดศูนย์กลางถ่วง
chain code	รหัสลูกโซ่
chrominance	สีสัญญาณสี
closing operator	ตัวดำเนินการแบบปิด
CMYK color space	ปริภูมิสี CMYK
computer vision	คอมพิวเตอร์วิทัศน์
connected component analysis	การวิเคราะห์ส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกัน
cyber glove	ถุงมือไซเบอร์
detection	การตรวจหา
detection rate	อัตราการตรวจหา
dilation	ไดเลชัน
eccentricity	ความเยื้องศูนย์กลาง
edge detection	การตรวจหาขอบ
elliptical model	แบบจำลองชนิดวงรี
erosion	อีโรชัน
facial feature	ลักษณะใบหน้า
false alarm rate	อัตราการเตือนความผิดพลาด
false negative	ความผิดพลาดแบบลบ
false positive	ความผิดพลาดแบบบวก
feedback	การป้อนกลับ
haemoglobin	เฮโมโกลบิน
hand tracking	การติดตามมือ
hit-or-miss transformation	การแปลงแบบฮิตหรือมิส



HSI color space	ปริภูมิสี HSI
human vision system	ระบบการมองเห็นของมนุษย์
iteration	การวนซ้ำ
L*a*b color space	ปริภูมิสี L*a*b
labeling	การทำป้าย
luminance	ความส่องสว่าง
merging	การผสมผสาน
morphological image processing	การประมวลผลภาพเชิงสัณฐาน
motion estimation	การประมาณการเคลื่อนที่
motion vector	เวกเตอร์การเคลื่อนที่
non parametric model	แบบจำลองชนิดไม่มีตัวแปร
opening operator	ตัวดำเนินการแบบเปิด
pan	การกวาด
pixel	จุดภาพ
pre-processing	กระบวนการก่อนหน้า
real time	เวลาจริง
ROC curve	เส้นโค้ง ROC
RGB	แดง เขียว น้ำเงิน
rgb	แดง เขียว น้ำเงิน นอร์มัลไลซ์
sensor	ตัวรับรู้
shape decomposition	การแยกรูปร่าง
spatial	เชิงพื้นที่
structuring element	โครงสร้างส่วนย่อย
skin color model	แบบจำลองสีผิว
sign language	ภาษามือ
splitting	การแยก
temporal	เชิงเวลา
Thai sign language	ภาษามือไทย



## ดัชนีคำศัพท์ (ต่อ)

ด

thinning	ธinning
threshold	ขีดแบ่ง
tilt	การก้มเงย
true negative	ความถูกต้องแบบลบ
true positive	ความถูกต้องแบบบวก
vision based	พื้นฐานการมองเห็น
YCbCr color space	ปริภูมิสี YCbCr
zoom	การซูม



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย