

ระบบเตือนภัยผู้ซักรดจากความเมื่อยล้ากรณีสัปรหงกโดยใช้ภาพความลึกจากกล้องคิเน็คต์



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)  
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)  
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2558  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FATIGUE WARNING SYSTEM FOR DRIVER NODDING OFF USING DEPTH IMAGE FROM  
KINECT CAMERA

Mr. Jiramet Wongphanngam



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering  
Department of Electrical Engineering  
Faculty of Engineering  
Chulalongkorn University  
Academic Year 2015  
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ระบบเตือนภัยผู้ขับขี่จากความเมื่อยล้ากรณีสับหงกโดย  
ใช้ภาพความลึกจากกล้องคิเน็คต์

โดย

นายจิรเมธ ว่องพรรณงาม

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรีย์ พุ่มรินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญชัย ปลื้มปิติวิริยะเวช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรีย์ พุ่มรินทร์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ดร. ปกรณ์ วัฒนจตุรพร)

จิรเมธ ว่องพรรณงาม : ระบบเตือนภัยผู้ขับขี่รถจากความเมื่อยล้ากรณีหลับงอโดยใช้ภาพ  
 ความลึกลับจากกล้องคิเนกต์ (FATIGUE WARNING SYSTEM FOR DRIVER NODDING OFF  
 USING DEPTH IMAGE FROM KINECT CAMERA) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.  
 สุรีย์ พุ่มรินทร์, 56 หน้า.

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้นำเสนอระบบเตือนภัยผู้ขับขี่รถจากความเมื่อยล้ากรณีหลับงอด้วย  
 โปรแกรมประยุกต์บนคอมพิวเตอร์ที่รับภาพความลึกลับจากกล้องคิเนกต์มาประมวลผล เพื่อตรวจสอบ  
 การหลับงอของผู้ขับขี่รถสำหรับการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน และวิธีการตรวจหาใบหน้า  
 และดวงตาโดยใช้ภาพความลึกลับจากกล้องคิเนกต์บนพื้นฐานวิธีการจำแนกประเภทแบบเอชเค สำหรับ  
 การตรวจสอบการหลับงอนั้นจะตรวจสอบค่ามุมพิทช์ของท่าทางของศีรษะผู้ขับขี่รถด้วยวิธีการป่าสุ่ม  
 แบ่งแยกการถดถอย เมื่อผู้ขับขี่รถเกิดการหลับงอขึ้นระบบจะเตือนผู้ขับขี่รถด้วยเสียงเพื่อทำให้ผู้ขับขี่รถ  
 รู้สึกตื่นตัว สำหรับระบบนี้ได้ติดตั้งกล้องคิเนกต์ไว้ภายในรถเท่านั้น ไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์เสริมต่อผู้ขับ  
 รถ ทำให้เกิดความสะดวกสบายต่อการใช้งาน และระบบสามารถทำงานได้ทั้งกลางวันและกลางคืน  
 การทดสอบได้เปรียบเทียบค่ามุมพิทช์ที่วัดได้จากการประมาณค่าด้วยวิธีป่าสุ่มแบ่งแยกการถดถอยที่  
 ใช้ในระบบนี้และมอดูลวัดความเร่งสามแกน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ค่ามุมพิทช์ของทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน  
 อย่างมีนัยสำคัญ การทดสอบค่าความไวกับกลุ่มภาพจำนวน 160 ภาพ ที่ประกอบด้วยทิศทางการมอง  
 ของศีรษะ 4 ทิศทาง ต่อคน รวมทั้งหมด 40 คน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ คือ 93.75% การทดสอบค่าความไว  
 กับการใช้งานในสถานการณ์จริง ระบบได้ทดสอบด้วยจำนวน 2,676 เฟรม ในเวลากลางวัน ได้  
 ผลลัพธ์ คือ 94.28% และทดสอบในเวลากลางคืนด้วยจำนวน 2,036 เฟรม ได้ผลลัพธ์ คือ 95.13%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
 CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2558

# # 5770139121 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEYWORDS: DEPTH IMAGE / FACE DETECTION / HEAD POSE ESTIMATION / DISCRIMINATIVE RANDOM REGRESSION FORESTS

JIRAMET WONGPHANNGAM: FATIGUE WARNING SYSTEM FOR DRIVER NODDING OFF USING DEPTH IMAGE FROM KINECT CAMERA. ADVISOR: ASST. PROF. SUREE PUMRIN, Ph.D., 56 pp.

This thesis presents a fatigue warning system for driver nodding off using depth image from Kinect camera. Our algorithm consists of face and eye detection based on HK-classification. A fatigue warning system is built by Windows Application for monitoring a driver behavior and alerts him/her with alarm sounds. Face detection and head pose estimation transform Kinect depth images into gradient images to detect driver's face. Then it applies Discriminative Random Regression Forests (DRRF) to get angles of head rotation and analyses a pitch angle of head rotation to detect a driver nodding off. Our system is easy to setup and does not make a driver uncomfortable. It uses only Kinect camera and can handle various situations both in daytime and night time. The experimental results compare pitch angles of head pose estimation using DRRF and 3-axis accelerometer module. Measurement results of the two setup are significantly correlated. The overall system performance is evaluated using 160 images data set of four head positions of 40 people show 93.75% sensitivity. In real situations, the empirical results with 2,676 frames show 94.28% sensitivity at daytime, and 2,036 frames show 95.13% sensitivity at night time.

Department: Electrical Engineering      Student's Signature .....

Field of Study: Electrical Engineering      Advisor's Signature .....

Academic Year: 2015

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่าน ซึ่งบุคคลท่านแรก คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรีย์ พุ่มรินทร์ ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษาต่าง ๆ รวมไปถึงความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ที่สุด และขอขอบคุณกรรมการผู้สอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญชัย ปลื้มปิติวิริยะเวช และ ดร. ปกรณ์ วัฒนจตุรพร ที่ได้สละเวลา และคำแนะนำต่าง ๆ ในการสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน จากห้องปฏิบัติการวิจัยการออกแบบวงจรฝังตัวและวงจรรวม ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ ในการค้นคว้าวิจัย และได้เรียนรู้งานวิจัยอื่น ๆ ตลอดจนได้รับคำแนะนำในการพัฒนางานวิจัยนี้ให้ดียิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจกันมาโดยตลอด ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ เหนือสิ่งอื่นใด ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้โอกาสได้เข้ามาศึกษาต่อในครั้งนี้ รวมทั้งคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจในการฝ่าฟันอุปสรรคต่าง ๆ ซึ่งเป็นเบื้องหลังในความสำเร็จครั้งนี้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญรูป .....	ญ
สารบัญตาราง.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.2 การทบทวนบทประพันธ์ .....	2
1.3 วัตถุประสงค์ .....	6
1.4 ขอบเขต .....	6
1.5 ประโยชน์.....	7
1.6 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย .....	7
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....	8
2.1 กล้องคิเน็กซ์.....	8
2.2 การตรวจหาใบหน้า (Face Detection).....	9
2.3 การตรวจหาจมูกและดวงตา (Nose and Eye Detection).....	13
2.4 การประมาณท่าทางของศีรษะ (Head Pose Estimation).....	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง .....	21
3.1 อุปกรณ์ในการทดลอง.....	21
3.2 โปรแกรมในการทดลอง .....	22
3.3 ระบบเตือนภัยผู้ขับขี่รถจากความเมื่อยล้ากรณีหลับหงก .....	22

บทที่ 4 ผลการทดลอง .....	26
4.1 การทดสอบการตรวจหาใบหน้าและดวงตา .....	26
4.2 การทดสอบการวัดค่ามุมพิตช์ .....	27
4.3 การหาค่ามุมพิตช์จากพฤติกรรมของคนที่กำลังสัปหงก .....	29
4.4 การทดสอบเพื่อวัดค่าความไวกับกลุ่มภาพของคน 4 ท่าทาง .....	32
4.5 การทดสอบเพื่อวัดค่าความไวกับสถานการณ์จริง .....	34
4.6 การทดสอบระบบกรณีสัปหงก.....	37
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ .....	44
5.1 สรุปผลการทดลองการตรวจหาใบหน้าและดวงตา.....	44
5.2 สรุปผลการทดลองการวัดค่ามุมพิตช์ .....	44
5.3 สรุปผลการทดลองการหาค่ามุมพิตช์จากพฤติกรรมของคนที่กำลังสัปหงก .....	44
5.4 สรุปผลการทดลองเพื่อวัดค่าความไวกับกลุ่มภาพของคน 4 ท่าทาง .....	44
5.5 สรุปผลการทดลองเพื่อวัดค่าความไวกับสถานการณ์จริง .....	45
5.6 สรุปผลการทดลองการทดสอบระบบกรณีสัปหงก .....	45
5.7 สรุปผลการทดลอง .....	45
5.8 ข้อเสนอแนะ .....	46
รายการอ้างอิง .....	47
ภาคผนวก ก โปรแกรมที่ใช้สำหรับวิทยานิพนธ์ .....	52
คิเน็กต์เอสดีเค 1.8 (Kinect SDK 1.8).....	52
คิเน็กต์ดีเวลลอปเปอร์ทูลคิท 1.8 (Kinect Developer Toolkit 1.8) .....	52
โอเพนเอ็นไอ 2.2 (OpenNI 2.2) .....	53
ไนท์ 2.0 (Nite 2.0).....	54
โอเพนซีวี (OpenCV) .....	55



ไมโครซอฟท์วิชวลสตูดิโอ (Microsoft Visual Studio) .....	55
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	56



## สารบัญรูป

รูปที่ 1 ระบบที่ติดตั้งกับผู้ขับขี่รถ a) แนปแซปเปอร์, b) แวนตาอัจริยะ .....	4
รูปที่ 2 ระบบที่ใช้ภาพคลื่นสัญญาณหัวใจ .....	4
รูปที่ 3 นิ่วโรสกายมายด์เซ็ท .....	4
รูปที่ 4 ผังงานวิธีการระบุสถานะดาวรวมกันจาก Feng Yutian และคณะ .....	5
รูปที่ 5 ตัวอย่างภาพของระบบที่ใช้หลักการสว่างลูกตาดำจาก Salvatore Vitabile และคณะ .....	5
รูปที่ 6 ตัวอย่างภาพการตรวจหาการท้าวจาก Shabnam Abtahi และคณะ .....	6
รูปที่ 7 การทำงานโดยรวมสำหรับการหาองค์ตำแหน่งของศีรษะจาก Erik Murphy-Chutorian และคณะ .....	6
รูปที่ 8 ไดอะแกรมของเซนเซอร์ในกล้องคิเน็คต์ .....	8
รูปที่ 9 การใช้งานกล้องคิเน็คต์ขณะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ .....	8
รูปที่ 10 a) ภาพความลึก, b) ภาพสี, c) ภาพทวิภาคคอนทัวร์สำหรับหาพิกัดใบหน้า, d) ภาพสี ผลลัพธ์จากการตรวจหาใบหน้า .....	10
รูปที่ 11 ผังงานขั้นตอนวิธีการตรวจหาใบหน้า .....	11
รูปที่ 12 a) ภาพความลึกที่ผ่านตัวกรองสัญญาณ, b) ภาพเกรเดียนต์ของแกน $x$ ทิศทางบวก, c) ภาพเกรเดียนต์ของแกน $y$ ทิศทางบวก, d) ภาพเกรเดียนต์ของแกน $x$ ทิศทางลบ .....	12
รูปที่ 13 a) ภาพการขีดแบ่งของแกน $x$ ทิศทางบวก, b) ภาพการขีดแบ่งของแกน $y$ ทิศ ทางบวก, c) ภาพการขีดแบ่งของแกน $x$ ทิศทางลบ, d) ภาพที่ผ่านกระบวนการประมวลผลแบบ เปิดของแกน $x$ ทิศทางบวก, e) ภาพที่ผ่านกระบวนการประมวลผลแบบเปิดของแกน $y$ ทิศ ทางบวก, f) ภาพที่ผ่านกระบวนการประมวลผลแบบเปิดของแกน $x$ ทิศทางลบ .....	12
รูปที่ 14 a) ภาพที่ผ่านกระบวนการแอนดร์ระหว่างผลลัพธ์ภาพก่อนหน้าของแกน $x$ ทิศทางบวก กับแกน $y$ ทิศทางบวก, b) ภาพที่ผ่านกระบวนการแอนดร์ระหว่างผลลัพธ์ภาพก่อนหน้าของแกน $y$ ทิศทางบวกกับแกน $x$ ทิศทางลบ, c) ภาพที่ผ่านกระบวนการออร์, d) ภาพที่ผ่าน กระบวนการประมวลผลแบบปิด .....	13
รูปที่ 15 รูปร่างของพื้นผิวโดยใช้การจำแนกประเภทแบบเอชเค .....	14

รูปที่ 16 ภาพตัวอย่างจากขั้นตอนวิธีการตรวจหาจมูก และดวงตา a) ภาพความลึก, b) ภาพ ทวิภาค คอนทราสต์สำหรับการหาพิกัดใบหน้า, c) ภาพขีดแบ่งจากบริเวณใบหน้าโดยใช้การจำแนก ประเภทแบบเอชเค, d) ผลลัพธ์การตรวจหาใบหน้าและดวงตา .....	15
รูปที่ 17 ตัวอย่างภาพความลึกที่ผ่านการเรียนรู้ต้นไม้การตัดสินใจ และส่วนประกอบภายในต้นไม้ การตัดสินใจ .....	16
รูปที่ 18 ตัวอย่างแพทช์ที่ใช้ในการเรียนรู้ต้นไม้ตัดสินใจ .....	16
รูปที่ 19 ตัวอย่างแพทช์ที่ใช้ในกระบวนการต้นไม้ตัดสินใจ.....	18
รูปที่ 20 ตัวอย่างภาพที่ถูกทดสอบสำหรับการประเมินท่าทางของศีรษะ .....	19
รูปที่ 21 ผังงานการประมาณท่าทางของศีรษะ .....	19
รูปที่ 22 ฐานข้อมูลภาพวีดิทัศน์เน็คต์เฮดโพส a) ภาพความลึก, b) ภาพสี .....	20
รูปที่ 23 แผนภาพโปรแกรมที่ใช้สำหรับการติดตั้งกล้องคิเน็คต์สำหรับการเขียนโปรแกรม .....	22
รูปที่ 24 พิกัดและทิศทางแกนของศีรษะ.....	23
รูปที่ 25 ผังงานการทำงานของระบบเตือนภัยผู้ขับขี่จากความเมื่อยล้ากรณีสัปหงก .....	24
รูปที่ 26 ตัวอย่างผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของระบบเตือนภัยจากความเมื่อยล้า a) ภาพสีผลลัพธ์ของ การตรวจหาใบหน้า, b) ภาพความลึก, c) ภาพทวิภาคคอนทราสต์สำหรับการหาพิกัดใบหน้า, d) ภาพความลึกที่ผ่านการตัดส่วนภาพ, e) ผลลัพธ์ทิศทางการประมาณท่าทางของศีรษะ .....	24
รูปที่ 27 หน้าต่างโปรแกรมประยุกต์ของระบบเตือนภัยจากความเมื่อยล้ากรณีสัปหงก .....	25
รูปที่ 28 ส่วนแสดงผลและการตั้งค่าต่าง ๆ ของหน้าต่างโปรแกรมประยุกต์ของระบบเตือนภัย จากความเมื่อยล้ากรณีสัปหงก .....	25
รูปที่ 29 การทดสอบการตรวจหาใบหน้าและดวงตา.....	26
รูปที่ 30 ผลการทดสอบการตรวจหาใบหน้าและดวงตา a) วิธีทฤษฎีแบบฮาร์โลค b) วิธีที่พัฒนา....	26
รูปที่ 31 มอดูลวัดความเร่งสามแกนเอทีเอ็กแอลสามสี่ห้าที่เชื่อมต่อกับบอร์ดอาดูโน่ .....	27
รูปที่ 32 ค่ามุมพิตช์ระหว่างการประมาณท่าทางของศีรษะด้วยวิธีป่าสุ่มแบ่งแยกการถดถอยกับ มอดูลวัดความเร่งสามแกนในเวลากลางวัน .....	28
รูปที่ 33 ค่ามุมพิตช์ระหว่างการประมาณท่าทางของศีรษะด้วยวิธีป่าสุ่มแบ่งแยกการถดถอยกับ มอดูลวัดความเร่งสามแกนในเวลากลางคืน.....	29

รูปที่ 34 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบการวัดค่ามัมกัมเงย.....	29
รูปที่ 35 ตัวอย่างภาพผลบวกจริงที่ถูกทดสอบสำหรับการทดลองการหาค่าความไวของการ ประมาณค่าทางของคีระชะ.....	33
รูปที่ 36 ตัวอย่างภาพผลลบปลอมที่ถูกทดสอบสำหรับการทดลองการหาค่าความไวของการ ประมาณค่าทางของคีระชะ.....	34
รูปที่ 37 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับระบบเตือนภัยจากความเฉื่อยล่า.....	34
รูปที่ 38 กล้องคิเน็คต์และกล้องแอ็คชันที่ถูกติดตั้งภายในรถ .....	35
รูปที่ 39 ระยะห่างระหว่างกล้องคิเน็คต์กับผู้ถูกทดสอบภายในรถยนต์.....	36
รูปที่ 40 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมประยุกต์ของระบบเตือนภัยที่ใช้ทดสอบในเวลากลางวัน .....	36
รูปที่ 41 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมประยุกต์ของระบบเตือนภัยที่ใช้ทดสอบในเวลากลางคืน.....	37
รูปที่ 42 ภาพสีและภาพความลึกที่มีผลกระทบต่อการสะท้อนกับแสงแดด.....	37
รูปที่ 43 ผลการทดสอบการเตือนภัยกรณีสัปดาห์ที่ 1 .....	38
รูปที่ 44 ผลการทดสอบการเตือนภัยกรณีสัปดาห์ที่ 2.....	39
รูปที่ 45 ผลการทดสอบการเตือนภัยกรณีสัปดาห์ที่ 3.....	40
รูปที่ 46 ผลการทดสอบการเตือนภัยกรณีสัปดาห์ที่ 4.....	41
รูปที่ 47 ผลการทดสอบการเตือนภัยกรณีสัปดาห์ที่ 5.....	42
รูปที่ 48 ผลการทดสอบการเตือนภัยกรณีสัปดาห์ที่ 6.....	43
รูปที่ 49 หน้าต่างส่วนควบคุมอุปกรณ์ (Device Manager) เมื่อทำการลงโปรแกรมคิเน็คต์เอสดี เค 1.8 เสรีจัสติน .....	52
รูปที่ 50 หน้าต่างของโปรแกรมคิเน็คต์ดีเวลลอปทูลคิท 1.8 .....	53
รูปที่ 51 สถาปัตยกรรมของโอเพนเอ็นไอ.....	54
รูปที่ 52 ส่วนประกอบของไนท์.....	54

## สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 รายละเอียดของกล้องคิเน็กซ์.....	9
ตารางที่ 2 ลักษณะพื้นผิวโดยใช้การจำแนกประเภทแบบเอชเค .....	14
ตารางที่ 3 รายละเอียดของโน้ตบุ๊กคอมพิวเตอร์รุ่น Lenovo IdeaPad U430 Touch Ultrabook.....	21
ตารางที่ 4 ผลลัพธ์จากการจำลองพฤติกรรมเพื่อหาัมพิตซ์กับวิดีโอของคนที่กำลังสปีงก.....	30
ตารางที่ 5 ตำแหน่งท่าของของศีรษะด้วยค่ามพิตซ์ในช่วง -25 ถึง 35 องศา.....	32



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมา

ปัญหาอุบัติเหตุบนท้องถนนเกิดขึ้นได้เสมอ ในแต่ละปีมีคนเสียชีวิตจากอุบัติเหตุบนท้องถนน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขยายตัวของประชากรและปริมาณรถยนต์บนท้องถนนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อัตราการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ [1] ได้ทำการเก็บสถิติอุบัติเหตุการจราจรทางบกซึ่งจำแนกตามสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจากบุคคล สาเหตุจากสิ่งแวดล้อม และสาเหตุจากอุปกรณ์ที่ใช้ขับขี่ ที่วราชาอาณาจักร พ.ศ. 2549 – 2556 จะพบว่าอุบัติเหตุบนท้องถนนจากบุคคลคิดเป็น 64% ของทั้งหมด อุบัติเหตุที่เกิดจากผู้ขับขี่ในกรณีเมื่อยล้า ่วงนอน และหลับในคิดเป็น 11% ของอุบัติเหตุจากบุคคล ซึ่งถือว่าเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน ในส่วนของสมาคมรถยนต์แห่งอเมริกา (American Automobile Association) [2] ก็ได้ทำการสำรวจพบว่า 29% ของคนที่ง่วงนอนนั้นจะเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน

จากสาเหตุและสถิติ [3] จากอาการเมื่อยล้าของผู้ขับรถนั้นเกิดขึ้นได้จาก 7 สาเหตุหลัก ได้แก่ 1) ขณะขับรถที่เส้นทางมีทางตรงเป็นเวลานาน เช่น บนทางด่วน เป็นต้น 2) ขณะขับรถในช่วงเวลาตีสองถึงหกโมงเช้า 3) ขณะขับรถในช่วงบ่ายสองถึงบ่ายสี่โมงเย็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังรับประทานอาหารเสร็จ 4) นอนหลับไม่เพียงพอ 5) หลังจากดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ 6) รับประทานยาที่มีผลข้างเคียงทำให้เกิดอาการง่วงนอน 7) เดินทางกลับบ้านหลังจากทำงานกะดึกเสร็จสิ้น ซึ่งสาเหตุทั้งหมดที่ทำให้เกิดการเมื่อยล้าของผู้ขับรถนั้นจะนำไปสู่การง่วงนอนและหลับในเกิดขึ้น ดังนั้นถ้าเราสามารถเตือนผู้ขับรถว่ากำลังมีอาการเมื่อยล้าเกิดขึ้น ก็จะช่วยลดปัญหาอุบัติเหตุบนท้องถนนได้เป็นอย่างมาก

สำหรับอาการที่บ่งบอกว่าผู้ขับรถมีอาการง่วงนอนนั้น ข้อมูลจากมูลนิธิการนอนหลับแห่งชาติจากประเทศสหรัฐอเมริกา (National Sleep Foundation) [2] ได้แบ่งอาการเป็น 4 สาเหตุหลัก ได้แก่ 1) การกะพริบตาบ่อย ๆ หรือการใช้เวลานาน และมีการสัปหงก 2) มีการเพ่งสายตาและเพ่งความสนใจในการมอง 3) มีอาการหลง ๆ ลืม ๆ 4) มีการขับรถสายเบี่ยงเบนออกจากเส้นทางในระหว่างการขับรถ

ปัจจุบันได้มีเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับเตือนคนขับรถเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากการเมื่อยล้าของผู้ขับรถที่ขายในท้องตลาด ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ติดตั้งกับผู้ขับรถหรือแอปพลิเคชัน (Application) บนสมาร์ตโฟน (Smart Phone) เช่น อุปกรณ์สำหรับตรวจสอบการสัปหงกซึ่งจะติดตั้งไว้ที่ศีรษะผู้ขับรถ ถ้าผู้ใช้มีการสัปหงกขณะขับรถก็จะมีเสียงเตือนด้วยเสียงเพื่อให้ผู้ขับรถรู้สึก

ตื่นตัว จะคอยตรวจสอบพฤติกรรมมารองของผู้ขับรถต่อถนน ถ้ามีการเปลี่ยนเป้าหมายก็จะทำการแจ้งเตือนผู้ขับรถ แต่อย่างไรก็ตามการที่มีอุปกรณ์ติดตั้งกับผู้ขับนั้นก็อาจทำให้เกิดความไม่สะดวกสบายต่อการขับขี่

ดังนั้นจากงานวิจัยนี้จึงนำเสนอระบบเตือนภัยผู้ขับรถจากความเมื่อยล้า โดยพิจารณาพฤติกรรมของผู้ขับรถจากการตรวจจับอาการสัปหงกที่ไม่ต้องติดตั้งกับผู้ขับรถ เพียงแค่ทำการติดตั้งภายในรถเท่านั้นโดยใช้ภาพความลึก (Depth Image) จากกล้องคิเน็คท์ (Kinect camera) ทำให้ผู้ขับรถเกิดความสะดวกสบาย และสามารถขับรถได้ตลอดเวลาไม่ว่าจะเป็นตอนกลางวันหรือตอนกลางคืน

## 1.2 การทบทวนบทประพันธ์

ในปัจจุบันได้มีงานวิจัยต่าง ๆ ที่ให้ความสนใจต่อการป้องกันอุบัติเหตุบนท้องถนน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาเหตุที่เกิดจากความเมื่อยล้าขณะขับรถ จึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์และระบบเตือนภัยเกิดขึ้น ซึ่งเราได้ทำการสำรวจระบบและอุปกรณ์โดยใช้วิธีทางสรีรวิทยา (Physiological) ในการตรวจหาความเมื่อยล้า จึงสามารถแบ่งประเภทของระบบเป็น 2 แบบ คือ ระบบที่ติดตั้งกับผู้ขับรถ และระบบที่ติดตั้งภายในรถ

สำหรับระบบที่ติดตั้งกับผู้ขับรถนั้นได้มีอุปกรณ์ที่ติดตั้งกับศีรษะผู้ขับรถ ซึ่งติดตั้งด้วยวิธีการเกี่ยวไว้ที่หูของผู้ขับรถที่มีชื่อว่าแนปแซปเปอร์ (Nap Zapper) [4] ซึ่งแสดงดังรูปที่ 1 เพื่อทำการตรวจสอบการสัปหงก เมื่อผู้ขับรถเกิดอาการเมื่อยล้าและง่วงนอน ศีรษะของผู้ขับรถจะมีตำแหน่งเป็นลักษณะของการก้มศีรษะเกิดขึ้น อุปกรณ์ตัวนี้จะเตือนให้ผู้ขับรถตื่นตัว Hoang Le และคณะ [5] ได้เสนออุปกรณ์ที่ชื่อว่าแว่นตาอัจฉริยะ (Smart Glasses) ซึ่งเป็นแว่นตาที่มีการติดตั้งกล้องไว้สำหรับตรวจสอบการกะพริบตาโดยใช้วิธีส่งเสริมความชัน (Gradient Boosting) ที่ผ่านการเรียนรู้กับกลุ่มภาพที่เป็นภาพเปิดตา และปิดตา ตามลำดับ จะทำให้แว่นตาอัจฉริยะตรวจจับการกะพริบตาของผู้ขับรถได้ ระบบที่ใช้คลื่นสัญญาณจากร่างกายเป็นที่นิยมในปัจจุบัน เช่น การใช้ภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiogram, ECG) [6], [7], [8] คอยตรวจสอบอัตราการเต้นของหัวใจ ตัวอย่างของระบบนี้ได้แสดงดังรูปที่ 2 ที่ได้ใช้อุปกรณ์ตรวจหาอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับความง่วงนอน แล้วนำสัญญาณที่ได้ไปประมวลผลผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) จากนั้นแสดงผลผ่านสมาร์ทโฟน (Smart phone) และคอมพิวเตอร์ต่อไป ในส่วนของการใช้ภาพคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram, EEG) [9], [10] จากรูปที่ 3 ได้แสดงตัวอย่างของอุปกรณ์สำหรับตรวจหาคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีชื่อว่านิวโรสกายมายด์เซต (NeuroSky Mindset) นั้นจะคอยตรวจสอบความถี่ของสัญญาณว่าคนขับรถอยู่ในสภาวะไหน โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบความถี่ของคลื่นว่าอยู่ในช่วงไหน ถ้าความถี่อยู่ในช่วงที่ต้องเตือนภัยก็จะมีแจ้งเตือนผู้ขับรถต่อไป การใช้เครื่องตรวจคลื่นไฟฟ้าของตา (Electrooculogram, EOG) [11], [12] คอยตรวจสอบการเคลื่อนไหวของตาและการ

กะพริบ แต่อย่างไรก็ตามจากระบบที่ติดตั้งกับผู้ขับรถทั้งหมดที่ได้ทำการศึกษานั้นย่อมเกิดความไม่สะดวกสบายต่อผู้ขับรถที่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ก่อนใช้งานทุกครั้ง

สำหรับระบบที่ติดตั้งภายในรถนั้นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การใช้กล้องถ่ายภาพผู้ขับรถเพื่อตรวจสอบพฤติกรรมของผู้ขับรถ Feng Yutian และคณะ [13] ได้เสนอวิธีการระบุสถานะตารวมกัน (Combined Eye State Identification) แสดงดังรูปที่ 4 ที่ได้รวบรวมเทคนิคต่าง ๆ สำหรับการตรวจสอบว่าดวงตาอยู่ในสถานะเปิดหรือปิดตาโดยใช้วิธีต่าง ๆ ได้แก่ วิธีการรู้จำจับคู่แม่แบบ (Template Matching Recognition), วิธีความโค้งหนังตาตอนบน (Upper Eyelid Curvature) และวิธีการฉายสำหรับปิดตา (Projection for Closed Eye) เข้าด้วยกัน ทำให้ได้ประสิทธิภาพที่สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อกรณีผู้ขับรถในเวลากลางคืน ภาพที่ได้จากกล้องก็จะไม่สามารถทำการประมวลผลได้เนื่องจากภาพมีความมืดเกิดขึ้น Salvatore Vitabile และคณะ [14] ได้ติดตั้งแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรด (Infrared light source) ที่มีความยาวคลื่นเท่ากับ 850 นาโนเมตร เข้ากับกล้องที่มีตัวกรองความยาวคลื่นตรงกับความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรด แล้วนำภาพที่ได้มาใช้หลักการสว่างลูกตาดำ (Bright Pupil) กับแสงอินฟราเรดที่สะท้อนกับจอตา ทำให้สามารถตรวจจับจอตาและการกะพริบตาในเวลากลางคืนได้ แต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ก็ยังมีข้อจำกัดต่อผู้ขับรถในกรณีที่ใส่แว่นตาหรือใส่แวตลู่ที่แสงอินฟราเรดสะท้อนได้ดี ตัวอย่างภาพของระบบนี้ได้แสดงดังรูปที่ 5 สำหรับการตรวจสอบความง่วงนอนกับการกะพริบตานั้นสามารถใช้หลักการ PERCLOS (PERcentage of eyelid CLOSure over the pupil over time) [15] ที่จะตรวจสอบความถี่ของการกะพริบตา ทำให้พยากรณ์ได้ว่าผู้ขับรถง่วงนอนหรือไม่ Shabnam Abtahi และคณะ [16] ได้เสนอวิธีการตรวจหาความง่วงนอนของผู้ขับรถโดยการตรวจหาการหาว (Yawning Detection) ซึ่งใช้วิธีลักษณะปากทางเรขาคณิต (The Mouth Geometric Features) เพื่อทำการเปรียบเทียบพื้นที่บริเวณปาก ถ้าพื้นที่มีขนาดใหญ่แสดงว่าผู้ขับรถได้มีการหาวเกิดขึ้น ตัวอย่างของผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 6 อีกวิธีหนึ่งสำหรับการตรวจหาความง่วงนอน คือ การตรวจหาการสับหงของผู้ขับรถ Erik Murphy-Chutorian และคณะ [17] ใช้วิธีการกำหนดทิศทางความชันเฉพาะที่ (Localized Gradient Orientation) หรือ LGO เพื่อทำการหาฮิสโทแกรม (Histogram) แล้วนำไปออกแบบเพื่อหาท่าทางของศีรษะโดยการใช้วิธีการพยากรณ์เวกเตอร์สนับสนุน (Support Vector Regressors) หรือ SVRs ก็จะสามารถพยากรณ์หาองศาตำแหน่งของศีรษะได้แสดงดังรูปที่ 7 แต่อย่างไรก็ตามสำหรับวิธีการที่ใช้กล้องที่ถ่ายภาพสีแล้วนำไปประมวลผลทางภาพนั้นจะมีข้อจำกัดเรื่องความเข้มของแสงโดยเฉพาะตอนกลางคืน ทำให้ไม่สามารถที่จะตรวจสอบความเมื่อยล้าและง่วงนอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

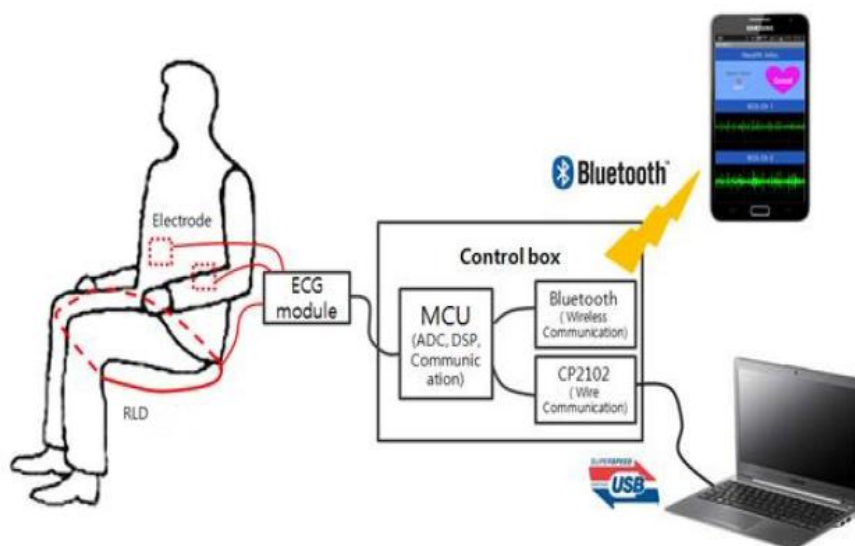
สำหรับวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการใช้ภาพความลึกจากกล้องคิเน็คต์มาทำการประมวลผล ซึ่งจะลดข้อจำกัดต่าง ๆ จากภาพสี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องแสงไม่พอในกรณีกลางคืนที่ทำให้ระบบไม่



สามารถตรวจจับความเมื่อยล้าต่อผู้ขับขี่ได้ และการใช้กล้องคืนนั้นก็ทำให้ผู้ขับขี่ไม่ต้องทำการติดตั้งอุปกรณ์ใด ๆ ทำให้เกิดความสะดวกสบายต่อผู้ขับขี่ได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 1 ระบบที่ติดตั้งกับผู้ขับขี่ a) แนปแซปเปอร์, b) แว่นตาอัจฉริยะ

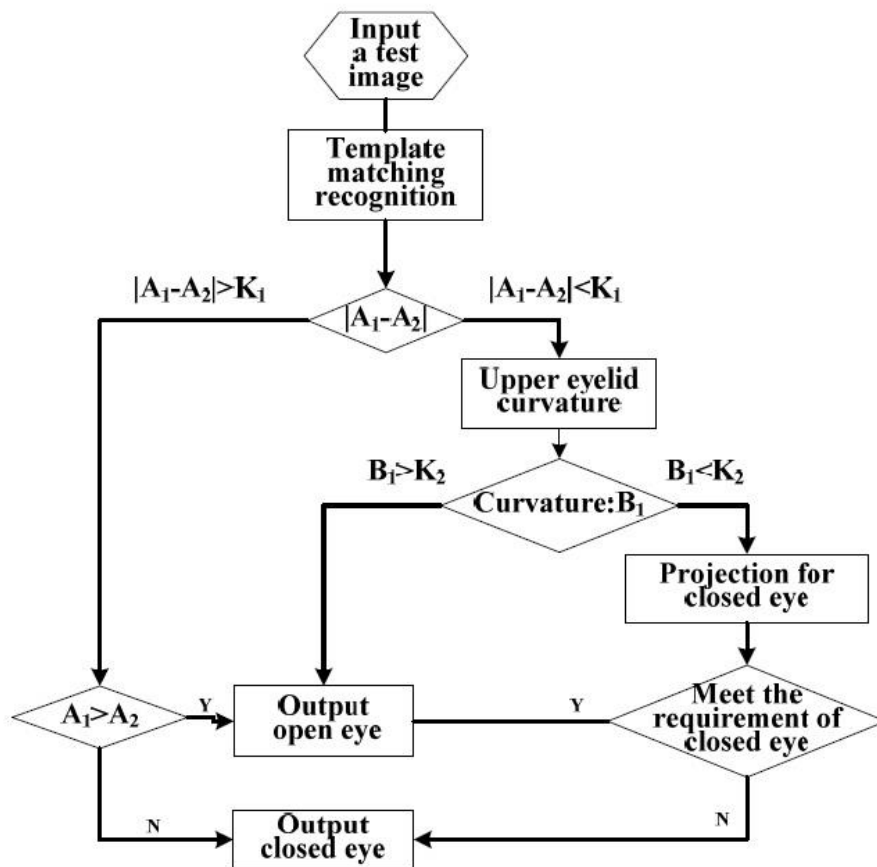


CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 2 ระบบที่ใช้ภาพคลื่นสัญญาณหัวใจ



รูปที่ 3 นิเวศกายมายด์เซ็ท



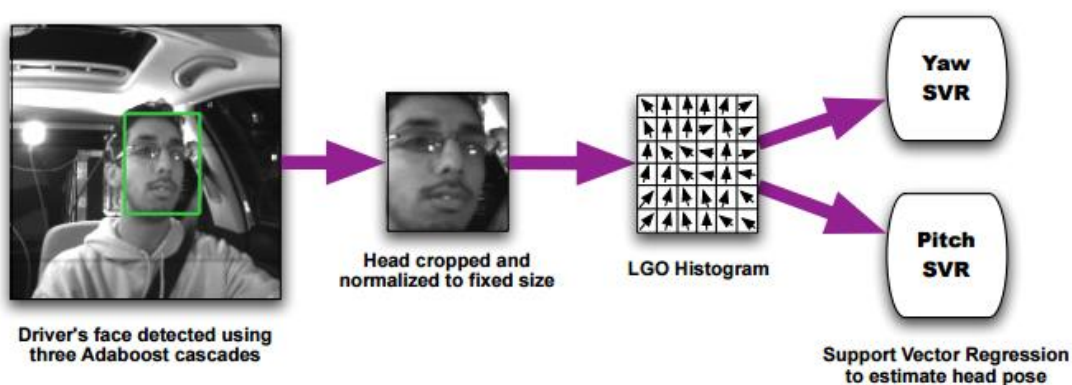
รูปที่ 4 ผังงานวิธีการระบุสถานะตาพร้อมกันจาก Feng Yutian และคณะ



รูปที่ 5 ตัวอย่างภาพของระบบที่ใช้หลักการสว่างลูกตาดำจาก Salvatore Vitabile และคณะ



รูปที่ 6 ตัวอย่างภาพการตรวจหาการหาจาก Shabnam Abtahi และคณะ



รูปที่ 7 การทำงานโดยรวมสำหรับการหาองศาตำแหน่งของศีรษะจาก Erik Murphy-Chutorian และคณะ

### 1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 ออกแบบวิธีการและเขียนโปรแกรมประยุกต์บนคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างระบบเตือนภัยผู้ขับขี่รถจากความเมื่อยล้ากรณีสัปหงกโดยใช้ภาพความลึกจากกล้องคิเนกต์

1.3.2 ออกแบบและพัฒนาวิธีการตรวจหาใบหน้าและดวงตา (Face and Eye Detection) กับภาพความลึกผ่านกล้องคิเนกต์โดยใช้พื้นฐานจากวิธีการจำแนกประเภทแบบเอชเค (HK-classification)

### 1.4 ขอบเขต

1.4.1 ออกแบบระบบเตือนภัยผู้ขับขี่รถจากความเมื่อยล้ากรณีสัปหงกซึ่งประมวลผลกับภาพความลึกจากกล้องคิเนกต์

1.4.2 เขียนโปรแกรมประยุกต์บนคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรมไมโครซอฟท์วิซวลสตูดิโอ (Microsoft Visual Studio) ด้วยภาษาซีพลัสพลัสกับระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์วินโดวส์ (Microsoft Window) สำหรับระบบเตือนภัยผู้ขับขี่รถจากความเมื่อยล้ากรณีสัปหงกโดยใช้ภาพความลึกจากกล้องคิเนกต์

## 1.5 ประโยชน์

- 1.5.1 ผู้ใช้สามารถรับรู้พฤติกรรมท่าทางของศิระขณะขับรถว่ามีความตั้งใจในการขับรถหรือไม่
- 1.5.2 ระบบสามารถเตือนภัยได้เมื่อผู้ขับรถเกิดความเมื่อยล้ากรณีสัปดาห์เกิดขึ้น
- 1.5.3 ผู้ใช้มีความสะดวกสบายต่อการใช้งาน และสามารถใช้ได้ทุกช่วงเวลาไม่ว่าจะเป็นกลางวันหรือกลางคืน

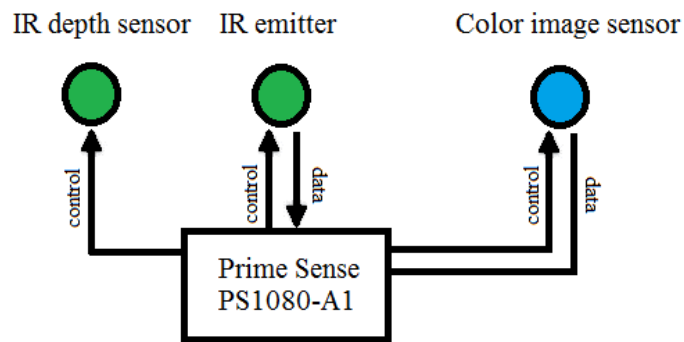
## 1.6 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

- 1.6.1 ศึกษาการใช้งานและติดต่อข้อมูลภาพจากกล้องคิเนกต์
- 1.6.2 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับระบบตรวจสอบความเมื่อยล้าและง่วงนอนของผู้ขับรถ
- 1.6.3 ศึกษาและค้นคว้าวิธีการตรวจหาใบหน้าและดวงตาที่ใช้ภาพความลึกในการประมวลผล
- 1.6.4 ออกแบบวิธีการตรวจหาใบหน้าและดวงตาโดยใช้ภาพความลึกจากกล้องคิเนกต์
- 1.6.5 ศึกษาการประมาณค่าตำแหน่งของศิระ และนำมาใช้กับภาพความลึกจากกล้องคิเนกต์
- 1.6.6 ออกแบบระบบเตือนภัยผู้ขับรถจากความเมื่อยล้ากรณีสัปดาห์โดยใช้วิธีป่าสุ่มแบ่งแยกการถดถอย (Discriminative Random Regression Forests) กับภาพความลึกจากกล้องคิเนกต์
- 1.6.7 เขียนโปรแกรมประยุกต์บนคอมพิวเตอร์สำหรับระบบเตือนภัยผู้ขับรถจากความเมื่อยล้ากรณีสัปดาห์โดยใช้ภาพความลึกจากกล้องคิเนกต์
- 1.6.8 ทดสอบระบบกับผู้ขับรถและเก็บผลการทดลอง
- 1.6.9 จัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

## บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

### 2.1 กล้องคิเน็คต์

กล้องคิเน็คต์ [18] เป็นอุปกรณ์สำหรับไมโครซอฟท์ เอ็กซ์บ็อกซ์ 360 (Microsoft Xbox 360) ร่วมพัฒนากับไพรมเซนเซอร์ (PrimeSensor) จากรูปที่ 8 ได้แสดงอุปกรณ์ที่จำเป็น ได้แก่ กล้องภาพสี และกล้องวัดความลึกโดยใช้แสงอินฟราเรด จากรูปที่ 9 นั้นได้แสดงกล้องคิเน็คต์ที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านช่องเข้ายูเอสบี (USB) ส่วนรายละเอียดของกล้องได้แสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 8 ไดอะแกรมของเซนเซอร์ในกล้องคิเน็คต์



รูปที่ 9 การใช้งานกล้องคิเน็คต์ขณะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

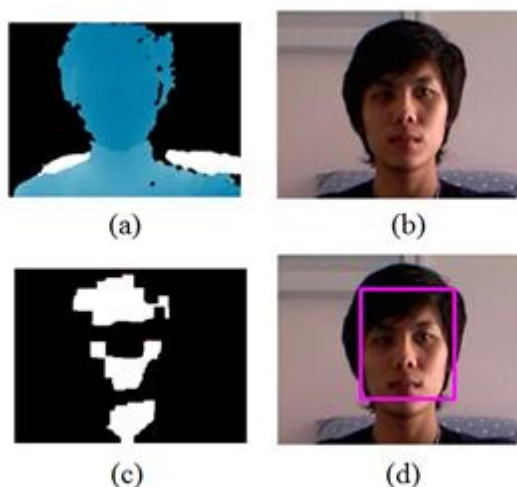
ตารางที่ 1 รายละเอียดของกล้องคิเน็กซ์ [19]

พารามิเตอร์	ค่า	
ความละเอียดของภาพ (Spatial Resolution)	640 จุดภาพ X 480 จุดภาพ	
ระยะความลึก (Depth Range)	ค่าโดยปริยาย (Default)	0.8 - 4.0 มิลลิเมตร
	ระยะใกล้ (Near)	0.4 - 3.0 มิลลิเมตร
ความละเอียดของค่าความลึก (Depth Resolution)	2 - 40 มิลลิเมตร	
อัตราเฟรม (Frame rate)	30 เฟรมต่อวินาที	
ระยะโฟกัส (Focal length)	กล้องวัดความลึก	$5.453 \pm 0.012$ มิลลิเมตร
	กล้องภาพสี	$4.884 \pm 0.006$ มิลลิเมตร
ความยาวคลื่นของอินฟราเรด (IR Wavelength)	830 นาโนเมตร	

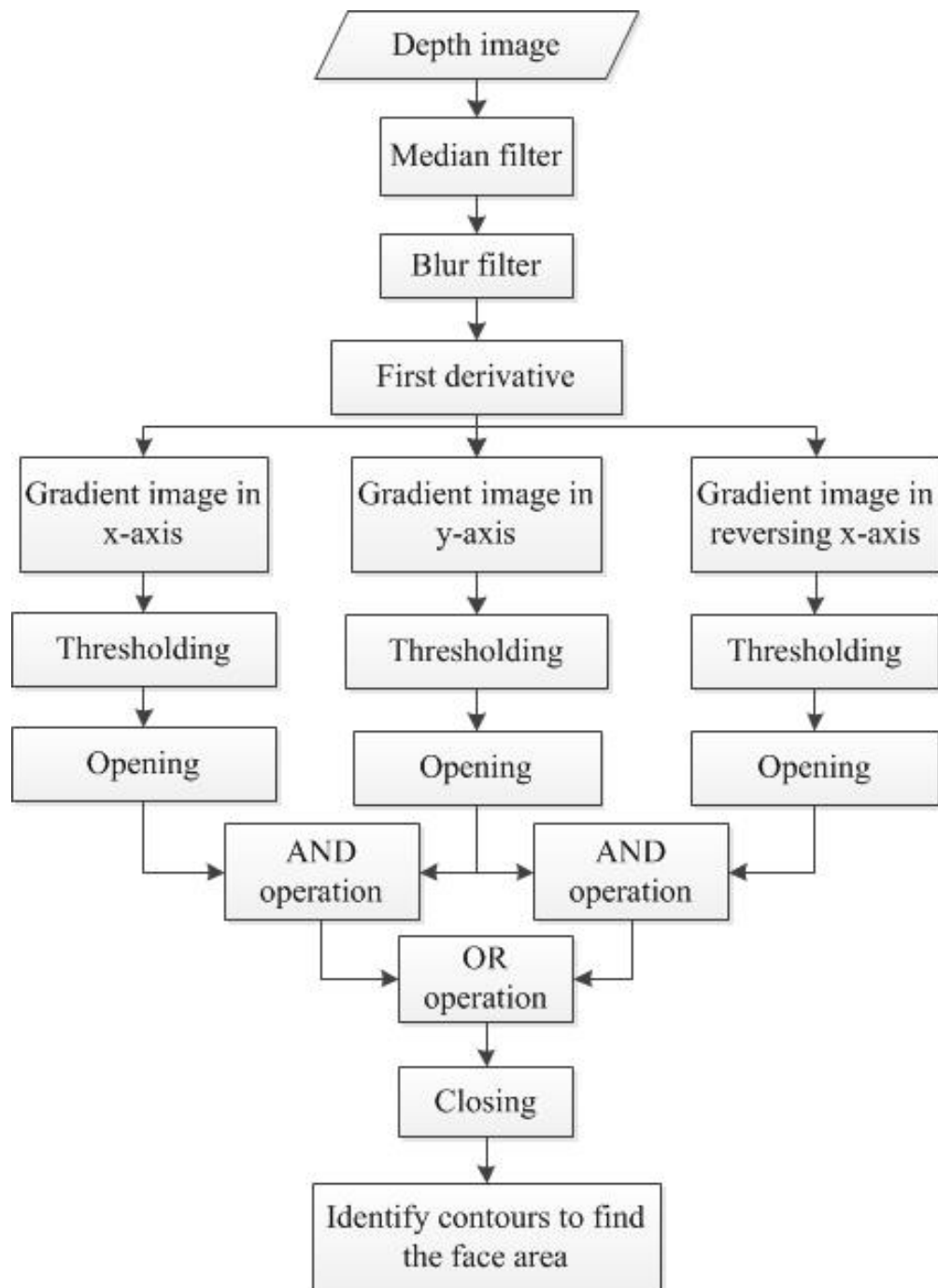
## 2.2 การตรวจหาใบหน้า (Face Detection)

การตรวจหาใบหน้า [20] งานวิจัยนี้ใช้ภาพความลึกจากกล้องคิเน็กซ์ในการประมวลผลทางภาพ ซึ่งจะนำมาใช้สำหรับค้นหาใบหน้าหนึ่งคนต่อภาพ ระยะห่างระหว่างใบหน้ากับกล้องคิเน็กซ์ควรอยู่ในช่วง 0.6 ถึง 1 เมตร ขนาดใบหน้าในภาพความลึกจะอยู่ในช่วง  $120 \times 80$  ถึง  $80 \times 125$  จุดภาพ สำหรับขั้นตอนวิธีนี้จะแสดงดังรูปที่ 11 เริ่มต้นวิธีการนี้โดยการรับภาพความลึกจากกล้องคิเน็กซ์ที่มีขนาดภาพ  $320 \times 240$  จุดภาพ แต่ภาพที่ได้จะมีสัญญาณรบกวน ดังนั้นจึงต้องทำการกรองภาพผ่านตัวกรองสัญญาณมัธยฐาน (Median filter) ด้วยขนาดของเคอร์เนล (Kernel)  $5 \times 5$  และตัวกรองสัญญาณค่าเฉลี่ย (Blur filter) ด้วยขนาดของเคอร์เนล  $13 \times 13$  จากนั้นใช้หลักการสำคัญโดยการใช้อนุพันธ์อันดับหนึ่งสำหรับการหาภาพเกรเดียนต์ (Gradient Image) สามทิศทาง ได้แก่ แกน  $x$  ทิศทางบวกและทิศทางลบ และแกน  $y$  ทิศทางบวก เมื่อได้ภาพเกรเดียนต์แล้วก็จะทำการขีดแบ่ง (Thresholding) ค่าในช่วง 0.1 ถึง 1 เพื่อทำการสร้างภาพทวิภาค (Binary Image) จากนั้นทำกระบวนการแอนด์ (AND Operation) เพื่อหาส่วนร่วมระหว่างคอนทัวร์ (Contour) ของภาพในแต่ละแกน กระบวนการออร์ (OR Operation) เพื่อการรวมคอนทัวร์ระหว่างภาพ กระบวนการ

ประมวลผลแบบเปิด (Opening) เพื่อกำจัดบริเวณคอนทัวร์เล็ก ๆ ที่เราไม่ต้องการ และกระบวนการประมวลผลแบบปิด (Closing) เพื่อทำการเชื่อมคอนทัวร์ระหว่างกันให้ต่อกัน ตามลำดับ สุดท้ายจะได้ภาพทวิภาค (Binary Image) ที่ประกอบด้วยคอนทัวร์ต่าง ๆ บริเวณใบหน้า แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยของพิกัดที่จุดศูนย์กลางของคอนทัวร์ เมื่อได้ผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยของพิกัดสุดท้ายเราก็จะสามารถนำพิกัดนี้ไปหาบริเวณใบหน้าได้ต่อไป ซึ่งได้แสดงตัวอย่างของผลลัพธ์ดังรูปที่ 10 จากผังงานแสดงขั้นตอนวิธีการตรวจหาใบหน้านั้นผลลัพธ์ของแต่ละขั้นตอนได้แสดงดังรูปที่ 12, 13 และ 14 ตามลำดับ

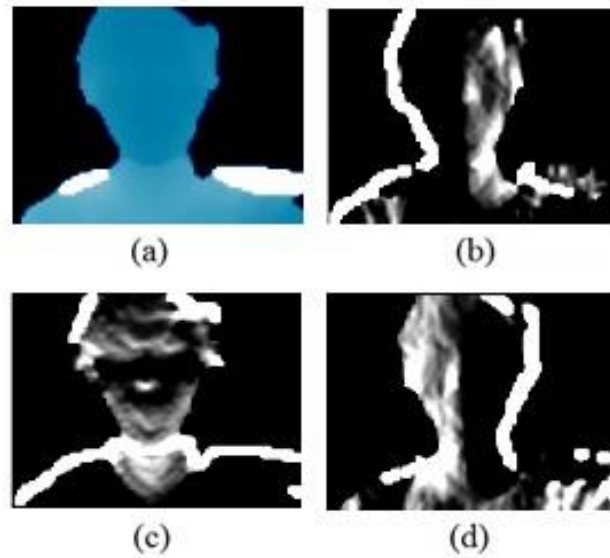


รูปที่ 10 a) ภาพความลึก, b) ภาพสี, c) ภาพทวิภาคคอนทัวร์สำหรับหาพิกัดใบหน้า, d) ภาพสี  
ผลลัพธ์จากการตรวจหาใบหน้า

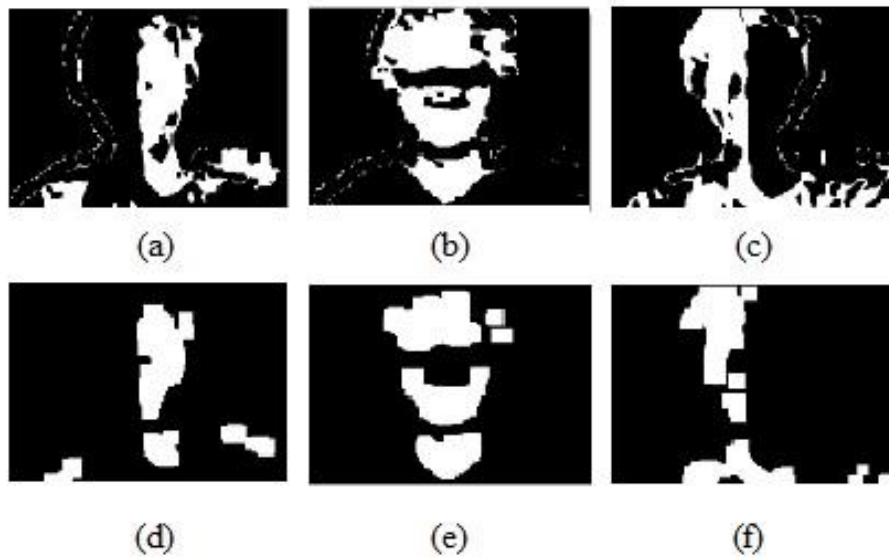


รูปที่ 11 ผังงานขั้นตอนวิธีการตรวจหาใบหน้า

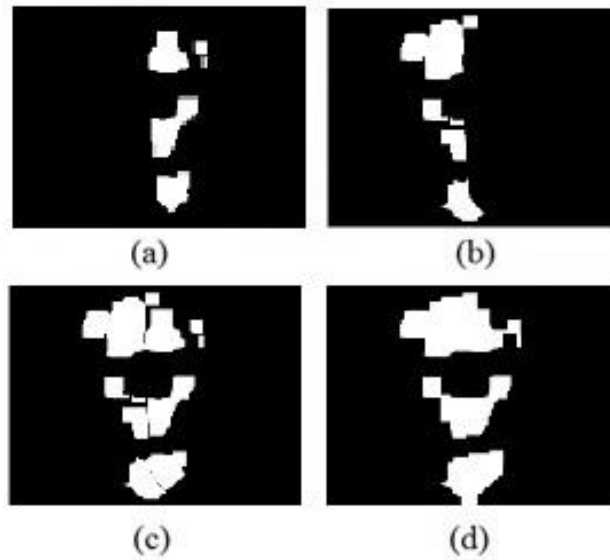




รูปที่ 12 a) ภาพความลึกที่ผ่านตัวกรองสัญญาณ, b) ภาพเกรเดียนต์ของแกน  $x$  ทิศทางบวก, c) ภาพเกรเดียนต์ของแกน  $y$  ทิศทางบวก, d) ภาพเกรเดียนต์ของแกน  $x$  ทิศทางลบ



รูปที่ 13 a) ภาพการขีดแบ่งของแกน  $x$  ทิศทางบวก, b) ภาพการขีดแบ่งของแกน  $y$  ทิศทางบวก, c) ภาพการขีดแบ่งของแกน  $x$  ทิศทางลบ, d) ภาพที่ผ่านกระบวนการประมวลผลแบบเปิดของแกน  $x$  ทิศทางบวก, e) ภาพที่ผ่านกระบวนการประมวลผลแบบเปิดของแกน  $y$  ทิศทางบวก, f) ภาพที่ผ่านกระบวนการประมวลผลแบบเปิดของแกน  $x$  ทิศทางลบ



รูปที่ 14 a) ภาพที่ผ่านกระบวนการแอนดร์ระหว่างผลลัพธ์ภาพก่อนหน้าของแกน  $x$  ทิศทางบวกกับแกน  $y$  ทิศทางบวก, b) ภาพที่ผ่านกระบวนการแอนดร์ระหว่างผลลัพธ์ภาพก่อนหน้าของแกน  $y$  ทิศทางบวกกับแกน  $x$  ทิศทางลบ, c) ภาพที่ผ่านกระบวนการออร์, d) ภาพที่ผ่านกระบวนการประมวลผลแบบปิด

### 2.3 การตรวจหาจมูกและดวงตา (Nose and Eye Detection)

สำหรับขั้นตอนวิธีนี้จาก [20] จะใช้ภาพความลึกในการประมวลผลทางภาพ โดยใช้หลักการจำแนกประเภทแบบเอชเค [21] ที่ใช้หลักการของความโค้งมุกสำคัญ (Principal Curvatures) ประกอบด้วยตัวแปร 2 ค่า ได้แก่ ค่าเอช  $H$  และ ค่าเค  $K$  หรือเรียกอีกชื่อว่า ค่าเฉลี่ย (Mean) และ เกาส์เซียน (Gaussian) ตามลำดับ

ค่าเอช คือ ค่าเฉลี่ยของค่าความโค้งสูงสุดกับค่าความโค้งต่ำสุดของจุด ๆ นั้น และค่าเค คือ ค่าที่มาจากผลคูณของค่าความโค้งสูงสุดกับค่าความโค้งต่ำสุดของจุด ๆ นั้นเช่นกัน เราสามารถหาค่าเอช และค่าเคได้จากสมการดังสมการที่ 1 และ 2

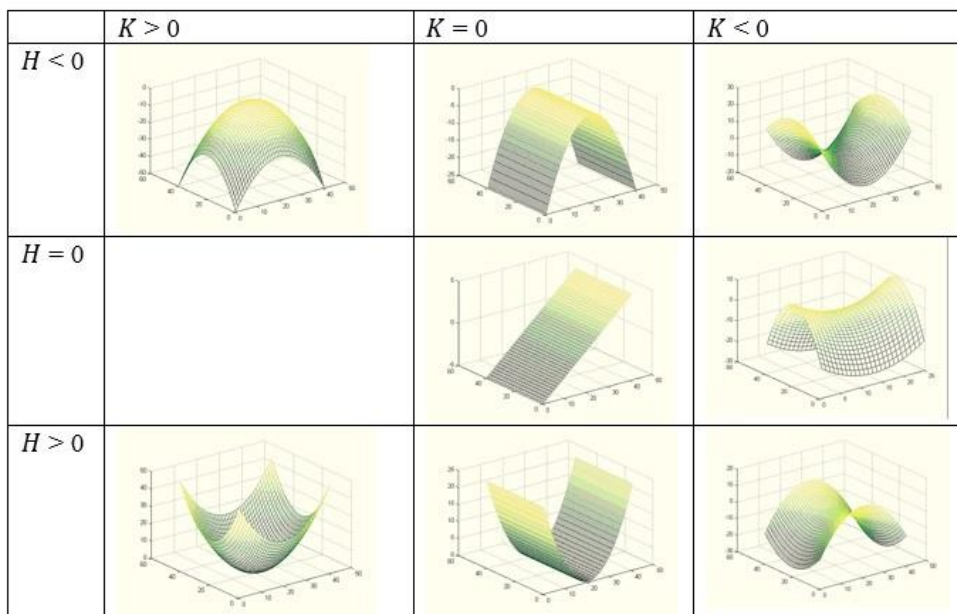
$$H(x, y) = \frac{(1 + d_y^2)d_{xx} - 2d_x d_y d_{xy} + (1 + d_x^2)d_{yy}}{2(1 + d_x^2 + d_y^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (1)$$

$$K(x, y) = \frac{d_{xx}d_{yy} - d_{xy}^2}{(1 + d_x^2 + d_y^2)^2} \quad (2)$$

โดย  $d$  คือ ข้อมูลของภาพความลึก ณ จุด ๆ นั้น ส่วน  $d_x, d_y, d_{xy}, d_{xx}$  และ  $d_{yy}$  คือ การใช้อนุพันธ์อันดับหนึ่งและอันดับสองในแต่ละแกนของ  $x$  และ  $y$  ซึ่งจากค่าเอชและค่าเคที่ได้จากการคำนวณนั้นสามารถนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาลักษณะของพื้นผิวได้ รายละเอียดต่าง ๆ ของลักษณะพื้นผิวที่ถูกจำแนกนั้นจะแสดงดังตารางที่ 2 และรูปที่ 15

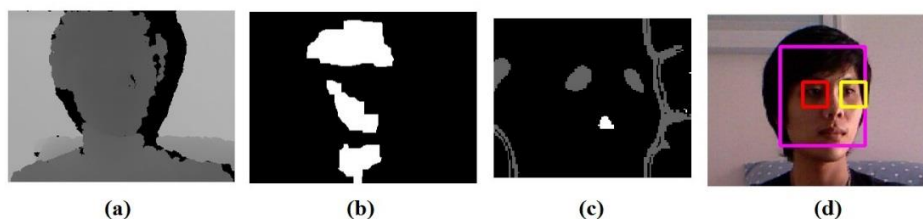
ตารางที่ 2 ลักษณะพื้นผิวโดยใช้การจำแนกประเภทแบบเอชเค

	$K > 0$	$K = 0$	$K < 0$
$H < 0$	นูนแบบรูปไข่	นูนแบบพาราโบลิก	นูนแบบไฮเปอร์โบลิก
$H = 0$	เป็นไปได้ไม่ได้	แบบราบ	สมมาตรแบบไฮเปอร์โบลิก
$H > 0$	เว้าแบบรูปไข่	เว้าแบบพาราโบลิก	เว้าแบบไฮเปอร์โบลิก



รูปที่ 15 รูปร่างของพื้นผิวโดยใช้การจำแนกประเภทแบบเอชเค

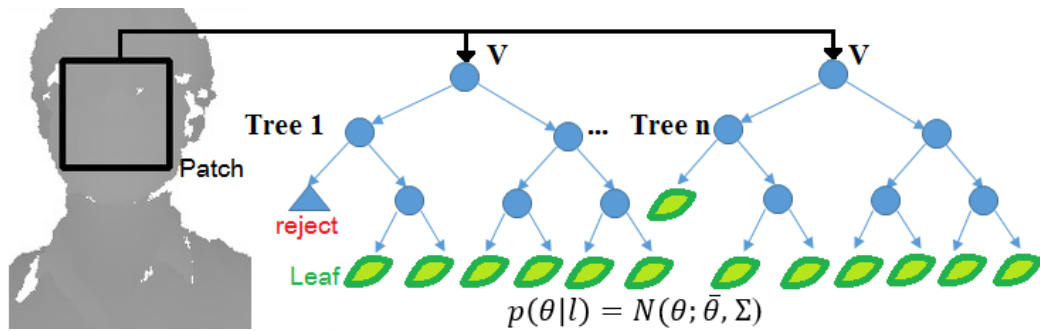
สำหรับการหาจมูกเราจะเลือกบริเวณพื้นผิวที่เว้าแบบรูปไข่ (Elliptical Convex) ซึ่งค่าเอชจะอยู่ในช่วง 0.07 ถึง 0.5 และค่าเคจะมีค่ามากกว่า 0.0001 สำหรับการหาดวงตาเราจะเลือกบริเวณพื้นผิวที่นูนแบบรูปไข่ (Elliptical Concave) ค่าเอชจะอยู่ในช่วง -0.03 ถึง -0.28 และค่าเคจะมากกว่า -1 จากตัวอย่างผลลัพธ์การขีดแบ่งนั้นได้แสดงดังรูปที่ 16 ภาพ c) ที่แสดงคอนทัวร์ของบริเวณจมูกและดวงตาโดยบริเวณจมูกจะแสดงเป็นพื้นที่สีขาวและบริเวณดวงตาจะแสดงเป็นพื้นที่สีเทา



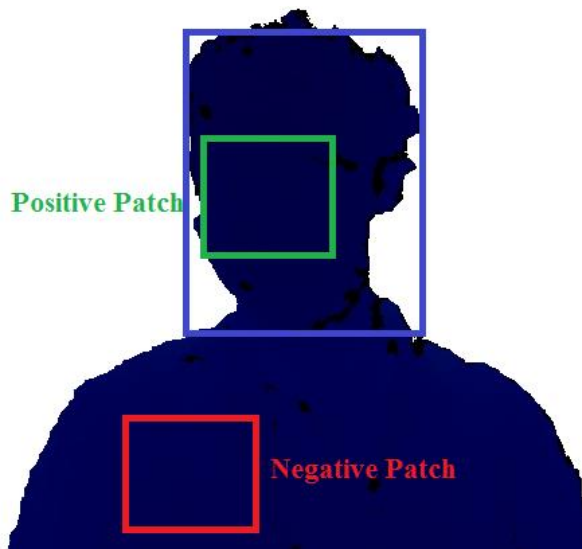
รูปที่ 16 ภาพตัวอย่างจากขั้นตอนวิธีการตรวจหาจมูก และดวงตา a) ภาพความลึก, b) ภาพทวิภาคคอนทัวร์สำหรับการหาพิกัดใบหน้า, c) ภาพขีดแบ่งจากบริเวณใบหน้าโดยใช้การจำแนกประเภทแบบเอชเค, d) ผลลัพธ์การตรวจหาใบหน้าและดวงตา

## 2.4 การประมาณท่าทางของศีรษะ (Head Pose Estimation)

สำหรับการประมาณค่าท่าทางของศีรษะเราจะใช้หลักการจาก Gabriele Fanelli และคณะที่ใช้วิธีป่าสุ่มแบ่งแยกการถดถอย (Discriminative Random Regression Forests) [22] เพื่อหาพิกัดและมุมของศีรษะ ต้นไม้การตัดสินใจ (Decision Trees) เป็นหัวใจสำคัญของการประมาณท่าทางของศีรษะ ทำหน้าที่เป็นตัวพยากรณ์ข้อมูลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เราต้องการ ต้นไม้ตัดสินใจของงานวิจัยนี้ถูกออกแบบจากการเรียนรู้ (Training) กับฐานข้อมูลภาพบิวิคิเนกต์เฮดโพส (Biwi Kinect Head Pose Database) [23] ซึ่งแสดงดังรูปที่ 22 ที่ประกอบด้วยภาพของ 20 คน เป็นจำนวน 15,000 ภาพจากต้นไม้การตัดสินใจที่ได้นั้นเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยนี้ที่ใช้กล้องคิเนกต์สำหรับตรวจหาท่าทางของผู้ขับรถ จากรูปที่ 17 ได้แสดงตัวอย่างของต้นไม้การตัดสินใจจำนวน  $n$  ต้น ซึ่งภายในต้นไม้จะประกอบด้วยปม (Node) ต่าง ๆ และใบไม้  $L$  (Leaf) ที่อยู่ปลายทางสุด จากข้อมูล  $V$  ที่เราต้องการรู้ว่าเป็นประเภทไหนนั้นจะถูกเลือก (Vote) โดยเริ่มต้นจากยอดต้นไม้ (Root Node) จากนั้น  $V$  จะถูกตัดสินใจว่าจะไปทางซ้ายหรือทางขวาขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของปมแต่ละต้น สุดท้าย  $V$  จะถูกตัดสินใจไปที่ใบไม้ที่มีผลลัพธ์ของข้อมูลที่เรายกมาว่าเป็นอย่างไร ในส่วนของงานวิจัยนี้ผลลัพธ์ที่ได้จะประกอบด้วยตำแหน่งพิกัดและมุมของศีรษะ ในกรณีที่มี  $V$  ไม่ใช่แพทช์ (Patch) ที่เป็นบริเวณใบหน้า ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการต้นไม้ตัดสินใจก็จะถูกปฏิเสธ (Reject) ส่วนรูปที่ 18 คือตัวอย่างภาพความลึกที่ใช้สำหรับเรียนรู้ต้นไม้การตัดสินใจ โดยกรอบสีน้ำเงินแสดงถึงบริเวณตำแหน่งศีรษะ กรอบสีเขียวแสดงถึงบริเวณที่เราต้องการหรือแพทช์ที่เป็นบวก (Positive Patch) และกรอบสีแดงแสดงบริเวณที่เราไม่ต้องการซึ่งเป็นบริเวณรอบนอกศีรษะหรือแพทช์ที่เป็นลบ (Negative Patch) จากวิธีนี้จะทำให้เราสามารถรู้ตำแหน่งพิกัดและมุมของศีรษะได้ และนำค่าองศาของศีรษะมาใช้สำหรับงานวิจัยนี้ต่อไป



รูปที่ 17 ตัวอย่างภาพความลึกที่ผ่านการเรียนรู้ต้นไม้การตัดสินใจ และส่วนประกอบภายในต้นไม้การตัดสินใจ



รูปที่ 18 ตัวอย่างแพชท์ที่ใช้ในการเรียนรู้ต้นไม้ตัดสินใจ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

สำหรับการเรียนรู้ต้นไม้การตัดสินใจเราจะสร้างการจำแนกประเภท (Classification) และการถดถอย (Regression) เข้าด้วยกัน จึงเรียกรูปแบบนี้ว่าวิธีป่าสุ่มแบ่งแยกการถดถอย เริ่มต้นกำหนดต้นไม้การตัดสินใจ  $T$  ที่สร้างจากกลุ่มของแพชท์  $\{P_i = (I_i, c_i, \theta_i)\}$  โดย  $I_i$  คือ แพชท์ความลึก (Depth Patches)  $c_i \in \{0,1\}$  คือ ป้ายคลาส (Class Labels) สำหรับกำหนดประเภท ถ้ามีค่าเป็น 0 แสดงว่าไม่ใช่ตำแหน่งศีรษะ ถ้ามีค่าเป็น 1 แสดงว่าเป็นตำแหน่งศีรษะ และเวกเตอร์  $\theta_i = \{\theta_x, \theta_y, \theta_z, \theta_{ya}, \theta_{pi}, \theta_{ro}\}$  ที่ประกอบด้วยตำแหน่งพิกัดของค่าออฟเซต  $\alpha$  (Offset) ระหว่างจุดศูนย์กลางของแพชท์กับจุดศูนย์กลางของศีรษะซึ่งแสดงดังรูปที่ 19 และมุมต่าง ๆ  $\gamma$  ในการเรียนรู้เราจะกำหนดตัวทดสอบทวิภาค  $b = \{F_1, F_2, \tau\}$  (Binary Test) เพื่อทำการกำหนดปมของต้นไม้ตัดสินใจโดยใช้สมการที่ 3

$$|F_1|^{-1} \sum_{q \in F_1} I(q) - |F_2|^{-1} \sum_{q \in F_2} I(q) > \tau \quad (3)$$

จากสมการที่ 3 เราจะใช้ตัวทดสอบทวิภาคซึ่งประกอบด้วย  $F_1$  และ  $F_2$  คือ พื้นที่สี่เหลี่ยม และ  $\tau$  คือ ค่าขีดแบ่ง (Threshold) ไว้สำหรับให้ข้อมูลทำการตัดสินใจว่าจะไปปมซ้ายหรือปมขวา ในการเรียนรู้ต้นไม้ตัดสินใจนั้นเราจะทำการสุ่มค่าเพื่อทำการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ด้วยสมการที่ 4

$$\operatorname{argmax}_b [C_M + (1.0 - e^{-\frac{d}{\lambda}}) R_M] \quad (4)$$

จากสมการที่ 4 นี้ได้ใช้หลักการถ่วงน้ำหนักผลรวม (Weighted Sum) ของการจำแนกประเภท  $C_M$  (Classification Measure) และการวัดถดถอย  $R_M$  (Regression measure) เข้าด้วยกัน ซึ่ง  $C_M$  คือ การวัดการจำแนกประเภทใช้สำหรับการประเมินผลป้ายคลาสของการแบ่ง (Split) ที่ดีที่สุดไปยังปมลูก (Child Node) ส่วน  $R_M$  คือ การวัดการถดถอยหรือเกินความรู้ (Information Gain) ถ้ามีค่ามากก็จะบ่งบอกว่าข้อมูลที่นำมาพิจารณานั้นเหมาะสม เราสามารถหาค่าการวัดการจำแนกประเภทและค่าการวัดการถดถอยได้ดังสมการที่ 5 และ 6 ตามลำดับ โดย  $d$  คือ ความลึกของปม และ  $\lambda$  คือ ตัวแปรสำหรับกำหนดการเปลี่ยนแปลงโดยนำมาใช้สำหรับการถ่วงน้ำหนักของฟังก์ชันเลขชี้กำลัง (Exponential Function) ซึ่งเราต้องเลือกค่า  $\lambda$  ให้เหมาะสมต่อการนำไปสู่การสร้างไปไม่ต่อไป

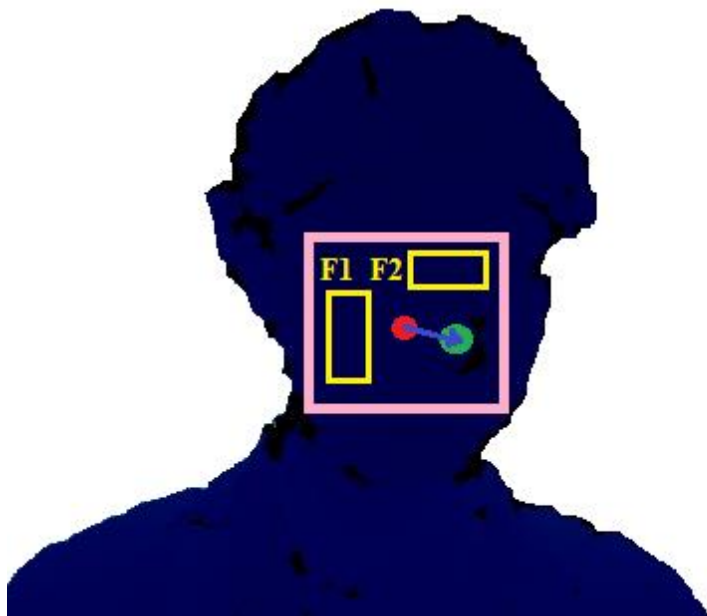
$$C_M = \frac{|P_L| \cdot \sum_c p(c|P_L) \ln(p(c|P_L)) + |P_R| \cdot \sum_c p(c|P_R) \ln(p(c|P_R))}{|P_L| + |P_R|} \quad (5)$$

$$R_M = \log(|\Sigma^\alpha| + |\Sigma^\gamma|) - \sum_{i \in \{L, R\}} \frac{|P_i|}{|P_L| + |P_R|} \log(|\Sigma_i^\alpha| + |\Sigma_i^\gamma|) \quad (6)$$

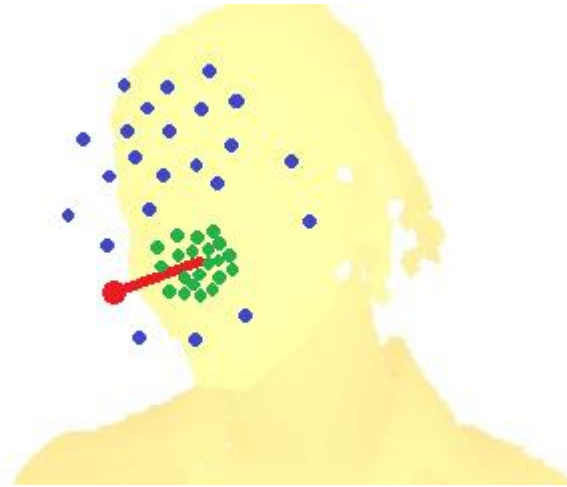
จากสมการที่ 5  $p(c|P)$  คือ อัตราส่วนของแพทช์ที่ขึ้นกับคลาสในแพทช์นั้น ๆ ซึ่งจะประกอบด้วยแพทช์ของปมลูกทางซ้าย  $P_L$  และขวา  $P_R$  ตามลำดับ

จากสมการที่ 6 ในพจน์แรก  $\log(|\Sigma^\alpha| + |\Sigma^Y|)$  คือ ค่าเอนโทรปี (Entropy) ของแพทช์  $P$  และ  $w_{i=L,R}$  เป็นอัตราส่วนของแพทช์ที่ส่งไปยังปมลูก ส่วน  $\Sigma^\alpha$  และ  $\Sigma^Y$  คือ เมทริกซ์โควาเรียนซ์ (Covariance Matrix) ของค่าออฟเซตและมุมของศีรษะจากเวกเตอร์  $\theta_i$  ตามลำดับ

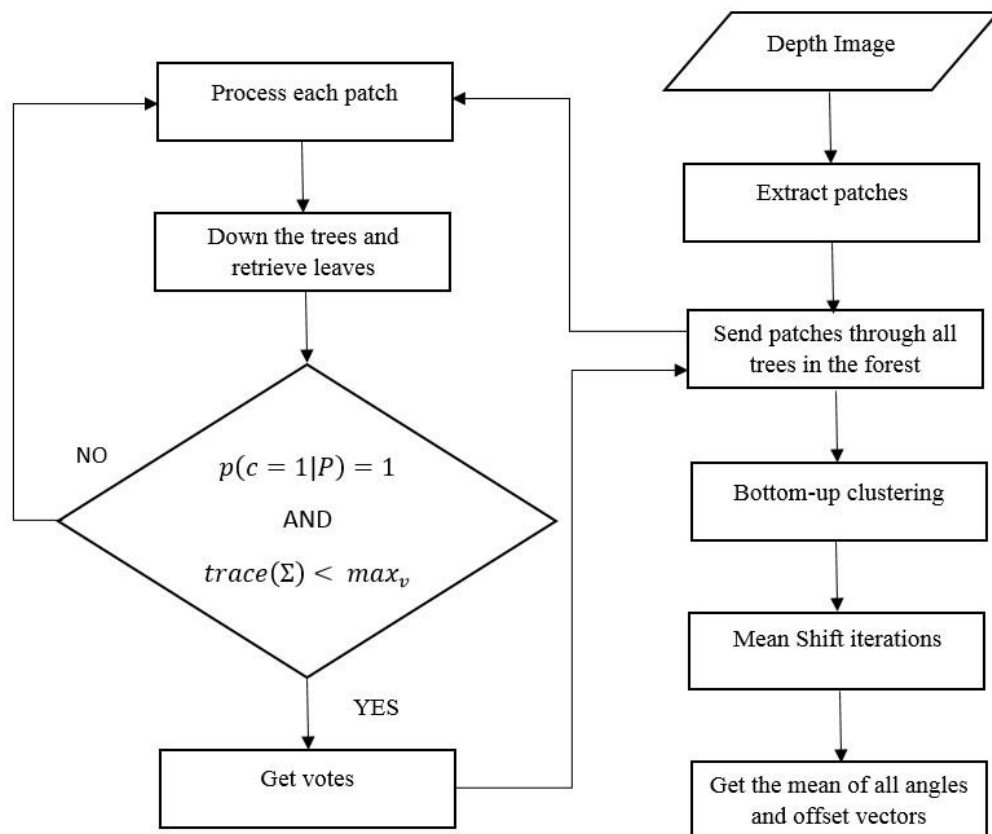
สำหรับการทดสอบภาพเพื่อทำการหาค่าออฟเซตและมุมของท่าทางศีรษะนั้น ขั้นตอนการประมาณท่าทางของศีรษะจะแสดงดังรูปที่ 21 ผลลัพธ์ที่ได้ คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) ของการประมาณตำแหน่ง ซึ่งเป็นบริเวณจมูกของศีรษะและมุมการเอียงของศีรษะ ตามลำดับ ในส่วนการพิจารณาสำหรับการถดถอย  $p(c = 1|P) = 1$  คือ เราจะสนใจเฉพาะคลาสที่เป็นศีรษะหรือมีค่าเท่ากับ 1 ส่วน  $max_v$  คือค่าความแปรปรวนสูงสุดที่ยอมรับ (Maximum Allowed Variance) เมื่อเราได้กลุ่มข้อมูลที่ถูกลีอกก็จะทำการจัดกลุ่มแบบล่างถึงบน (Bottom-up Clustering) แล้วนำกลุ่มเหล่านี้ไปทำกระบวนการเลื่อนค่าเฉลี่ย (Mean Shift) เพื่อหาบริเวณจุดศูนย์กลางของกลุ่ม เราก็จะสามารถหาค่าเฉลี่ยของการประมาณท่าทางของศีรษะได้ จากรูปที่ 20 ได้แสดงภาพตัวอย่างซึ่งจะประกอบด้วยกลุ่มข้อมูลที่ถูกลีอกสองสี ได้แก่ บริเวณจุดสีน้ำเงินเป็นกลุ่มที่เราได้ทำการตัดออก ส่วนบริเวณจุดสีเขียว คือ กลุ่มที่เราต้องการ และได้ใช้กระบวนการเลื่อนค่าเฉลี่ยก็จะได้จุดที่เราต้องการสำหรับการประมาณท่าทางของศีรษะซึ่งแสดงดังลูกศรสีแดง



รูปที่ 19 ตัวอย่างแพทช์ที่ใช้ในกระบวนการค้นไม้ตัดสีนใจ



รูปที่ 20 ตัวอย่างภาพที่ถูกทดสอบสำหรับการประเมินท่าทางของศีรษะ



รูปที่ 21 ฟังก์ชันการประมาณท่าทางของศีรษะ





รูปที่ 22 ฐานข้อมูลภาพวีดิทัศน์ Kinect Pose a) ภาพความถี่สูง, b) ภาพสี



### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการทดลอง

#### 3.1 อุปกรณ์ในการทดลอง

1. โน้ตบุ๊กคอมพิวเตอร์รุ่น Lenovo Ideapad U430 Touch [24]
2. กล้องคิเน็กซ์ เอ็กซ์ป็อกซ์ 360
3. แบตเตอรี่ 12 โวลต์

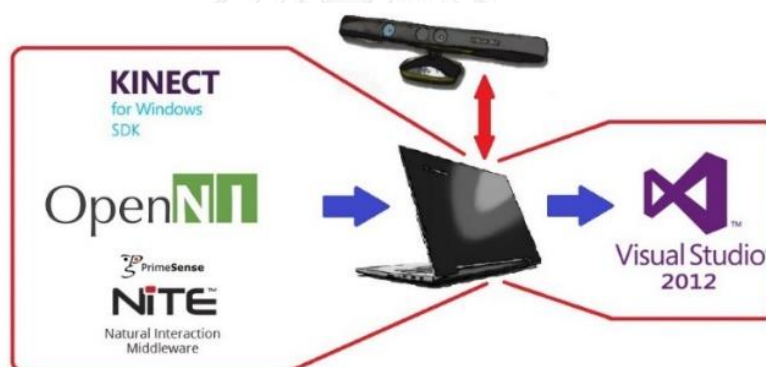
ตารางที่ 3 รายละเอียดของโน้ตบุ๊กคอมพิวเตอร์รุ่น Lenovo IdeaPad U430 Touch Ultrabook

ส่วนประกอบ	รายละเอียด
หน่วยประมวลผล (Processor)	Intel® Core™ i5-4200U CPU @ 1.60 กิกะเฮิร์ตซ์ (GHz) (4 CPUs)
ระบบปฏิบัติการ (Operating System)	Window 8.1 Single Language 64-บิต (bit)
กราฟิกส์(Graphics)	NVIDIA® GeForce® GT730M 2 กิกะไบต์ (GB)
หน่วยความจำ (Memory)	4 กิกะไบต์
แบตเตอรี่ (Battery)	10 ชั่วโมง
ตัวเชื่อมต่อ (Connectors)	<ul style="list-style-type: none"><li>• ช่องเข้ายูเอสบี 2.0 จำนวน 2 ช่อง</li><li>• ช่องเข้ายูเอสบี 3.0 จำนวน 1 ช่อง</li><li>• เครื่องอ่านบัตร (Card-reader) (SD/MMC)</li><li>• เฝ้ารับเสียง (Audio jack) (หูฟัง และ ไมโครโฟน)</li><li>• ช่องออกเอชดีเอ็มไอ (HDMI)</li></ul>
ขนาด (Dimensions)	337 x 234 x 5 มิลลิเมตร
หน่วยแสดงผล (Display)	14 นิ้ว ความละเอียดสูงเต็มรูปแบบ (Full high-definition), ความส่องสว่าง 250 nits, 1960 x 1080 จุดภาพ

### 3.2 โปรแกรมในการทดลอง

1. โปรแกรมไมโครซอฟท์วิซวลสตูดิโอ 2012 (Microsoft Visual Studio 2012) [25]
2. คิเน็กต์เอสดีเค 1.8 (Kinect SDK 1.8) [26]
3. คิเน็กต์ดีเวลลอปทูลคิท 1.8 (Kinect Developer Toolkit 1.8) [27]
4. โอเพนเอ็นไอ 2.2 (OpenNI 2.2) [28]
5. ไนท์ 2.0 (Nite 2.0) [29]
6. โอเพนซีวี 2.4.9 (OpenCV 2.4.9) [30]

สำหรับการเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับกล้องคิเน็กต์นั้น เราจะใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์-วิซวลสตูดิโอโดยใช้ภาษาซีพลัสพลัส (C++) ในการพัฒนา และการที่จะใช้งานกล้องคิเน็กต์ได้นั้นต้องทำการติดตั้งโปรแกรมเพื่อที่จะรับข้อมูลภาพจากกล้องคิเน็กต์ ได้แก่ คิเน็กต์เอสดีเค 1.8, คิเน็กต์ดีเวลลอปทูลคิท 1.8, โอเพนเอ็นไอ 2.2 และไนท์ 2.0 ได้แสดงดังรูปที่ 23 ส่วนโอเพนซีวี 2.4.9 ไว้ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมเพื่อการประมวลผลทางภาพ

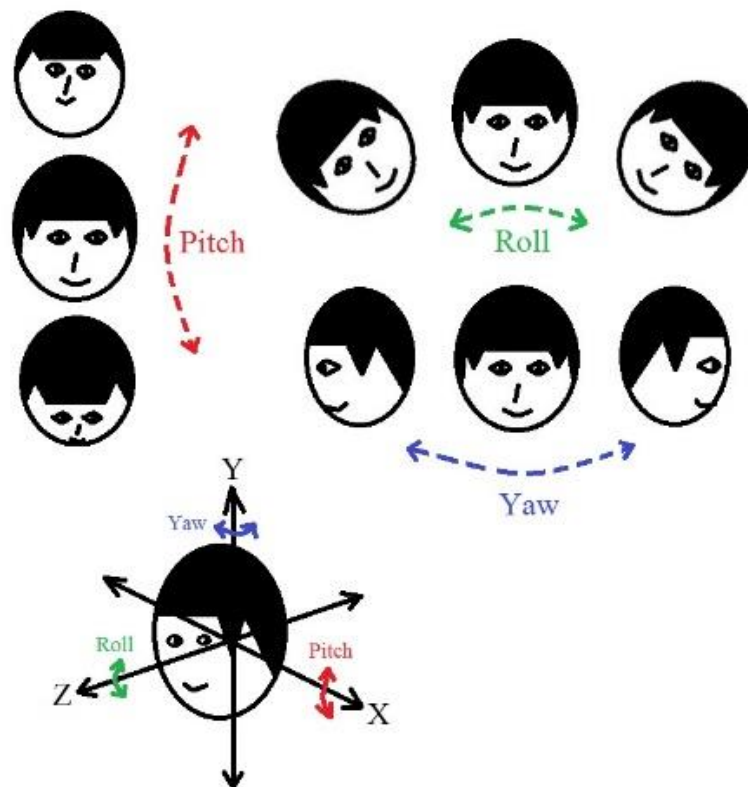


รูปที่ 23 แผนภาพโปรแกรมที่ใช้สำหรับการติดตั้งกล้องคิเน็กต์สำหรับการเขียนโปรแกรม

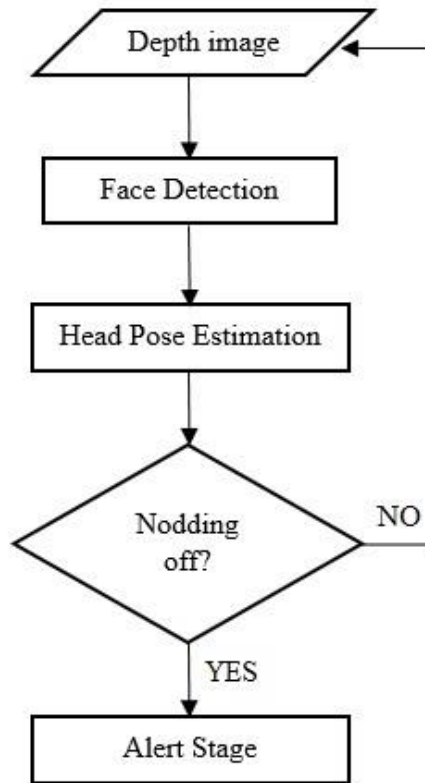
### 3.3 ระบบเตือนภัยผู้ขับรถจากความเมื่อยล้ากรณีสัปปงก

สำหรับระบบนี้เราจะตรวจสอบพฤติกรรมกรรมการขับรถโดยทำการวิเคราะห์ตำแหน่งท่าทางของศีรษะผู้ขับรถในขณะที่ผู้ขับรถกำลังขับอยู่ ถ้าตำแหน่งทิศทางของศีรษะไม่ได้มองตรงข้างหน้า ระบบก็จะมีแจ้งเตือนให้ผู้ขับรถมองทางข้างหน้าเพื่อทำให้เกิดความตั้งใจในการขับรถ ถ้าผู้ขับรถเกิดการสัปปงก ระบบก็จะทำการแจ้งเตือนผู้ขับรถโดยจะใช้เสียงกระตุ้นให้รู้สึกตัวเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นได้ สำหรับวิธีการวิเคราะห์ตำแหน่งท่าทางของศีรษะเราจะใช้วิธีการป่าสุ่มแบ่งแยกการถดถอยเพื่อหาค่ามุมพิตซ์ (Pitch angle) และมุมยอ (Yaw angle) ของศีรษะก็จะสามารถวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ขับรถได้ ในส่วนของผังงานจากรูปที่ 25 คือ การทำงานของระบบนี้

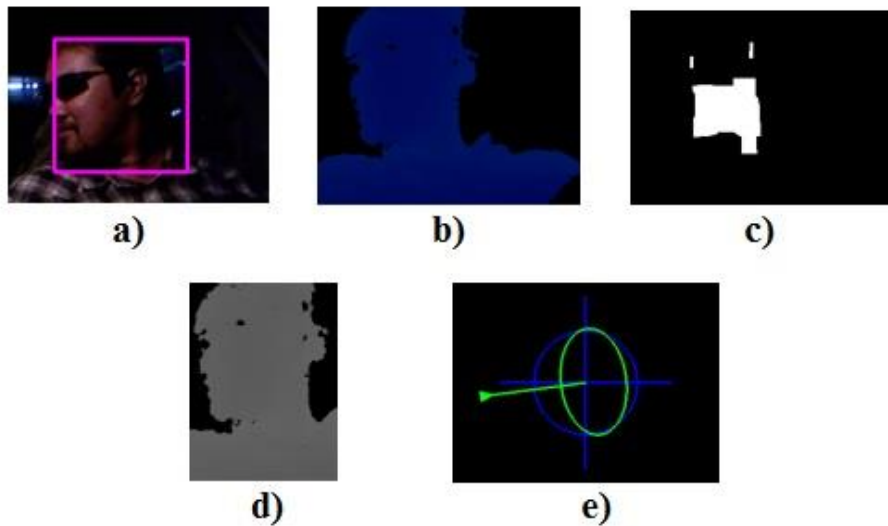
เริ่มต้นด้วยการรับภาพความลึกจากกล้องคิเน็คต์ จากนั้นทำการตรวจหาใบหน้าโดยใช้วิธีที่ได้พัฒนาไป เมื่อเราได้พิกัดตำแหน่งของใบหน้าระบบจะทำการตัดส่วนภาพ (Crop) กับภาพความลึก สำหรับจุดเริ่มต้นของการตัดส่วนภาพ คือ (จุดเริ่มต้นของแกน  $x$ , จุดเริ่มของต้นแกน  $y$ ) = ( $x_{face\ detection} - 90, 0$ ) ด้วยขนาดภาพ  $180 \times 240$  จุดภาพ โดย  $x_{face\ detection}$  คือค่าเฉลี่ยของจุดศูนย์กลางของคอนทัวร์ทั้งหมดในภาพทวิภาคทิศทางแกน  $x$  เมื่อระบบได้ทำการตัดส่วนภาพเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ต่อไปจะทำการเข้าสู่กระบวนการต้นไม้ตัดสินใจจาก [22] เพื่อทำการประมวลผลหาค่าองศาของมุมที่หมุนรอบแกน  $x$  หรือมุมพิตช์ และมุมที่หมุนรอบแกน  $y$  หรือมุมยอ ซึ่งรายละเอียดของตำแหน่งศีรษะนั้นได้แสดงดังรูปที่ 24 สำหรับระบบนี้ได้ใช้ต้นไม้ตัดสินใจจำนวน 10 ต้น อัตราเฟรม (Frame rate) อยู่ที่ 7 เฟรมต่อวินาที จากผลลัพธ์ที่ได้ระบบจะใช้ค่ามุมพิตช์เป็นตัวกำหนดการขีดแบ่ง ถ้ามุมพิตช์ของผู้ขับขี่นั้นมีค่ามากกว่าค่ามุมพิตช์ที่กำหนด แสดงว่าผู้ขับขี่กำลังสัปหงกอยู่ ระบบนี้จะเตือนภัยให้ผู้ขับขี่รู้สึกตื่นตัวทันที ตัวอย่างของผลลัพธ์ในแต่ละขั้นตอนของระบบนี้จะแสดงดังรูปที่ 26



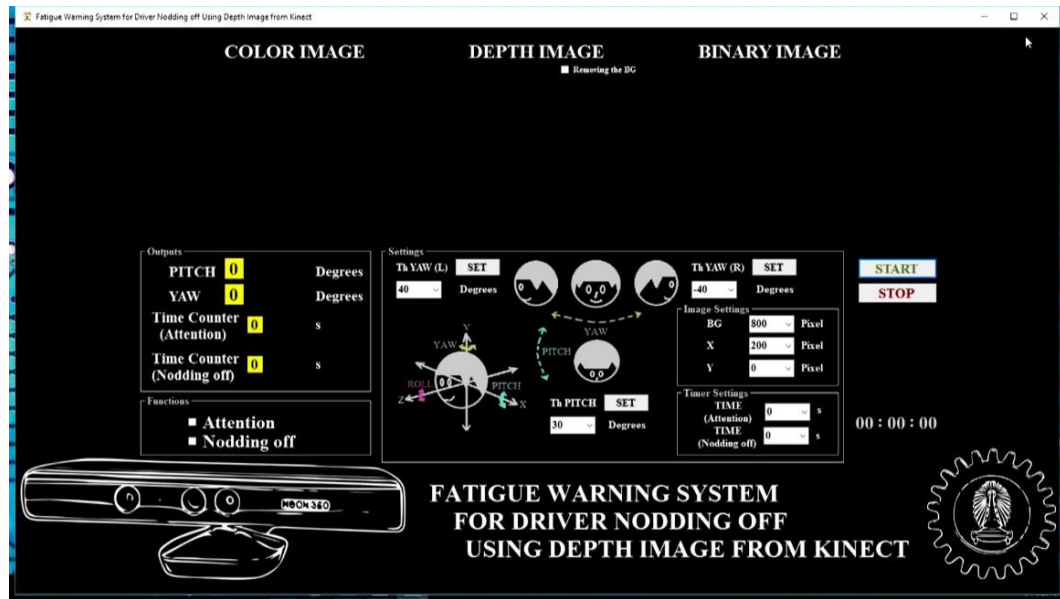
รูปที่ 24 พิกัดและทิศทางแกนของศีรษะ



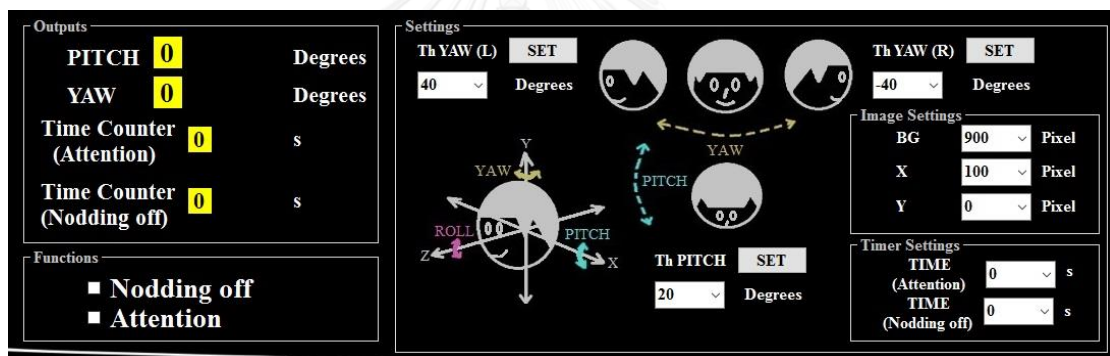
รูปที่ 25 ผังงานการทำงานของระบบเตือนภัยผู้ขับขี่รถจากความเมื่อยล้ากรณีสี่พหุ



รูปที่ 26 ตัวอย่างผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนของระบบเตือนภัยจากความเมื่อยล้า a) ภาพสีผลลัพธ์ของการตรวจหาใบหน้า, b) ภาพความลึก, c) ภาพทวิภาคคอนทัวร์สำหรับการหาพิกัดใบหน้า, d) ภาพความลึกที่ผ่านการตัดส่วนภาพ, e) ผลลัพธ์ทิศทางการประมาณท่าทางของศีรษะ



รูปที่ 27 หน้าต่างโปรแกรมประยุกต์ของระบบเตือนภัยจากความเมื่อยล้ากรณีหลับหง



รูปที่ 28 ส่วนแสดงผลและการตั้งค่าต่าง ๆ ของหน้าต่างโปรแกรมประยุกต์ของระบบเตือนภัยจากความเมื่อยล้ากรณีหลับหง

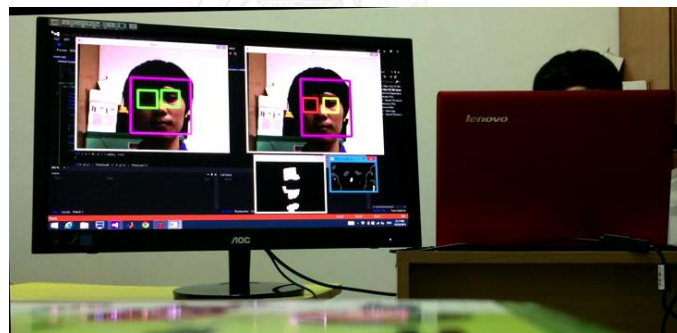
จากหน้าต่างโปรแกรมประยุกต์ของระบบนี้ดังรูปที่ 27 และส่วนแสดงผลและการตั้งค่าต่าง ๆ ดังรูปที่ 28 นั้น โปรแกรมประยุกต์นี้มีฟังก์ชัน (Function) การทำงาน 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่เป็นหัวใจสำคัญของระบบนี้ คือ การเตือนภัยเมื่อมีการหลับหง (Nodding off) และการเตือนภัยเมื่อผู้ขับขี่มีการหันซ้ายและขวาเกินกว่าที่กำหนด (Attention) ซึ่งค่าที่เป็นตัวกำหนดต่อนั้นสามารถทำการเลือกได้ว่าจะให้มีค่าเท่าไร ผู้ใช้งานสามารถทำการกำหนดได้ 3 ค่า ได้แก่ ค่าสำหรับเตือนการหลับหง ค่าสำหรับการเตือนเมื่อหันซ้าย และค่าสำหรับการเตือนเมื่อหันขวา ในส่วนการเตือนภัยนั้น จะสามารถกำหนดตัวจับเวลา (Timer) ได้ว่าต้องการให้นับไปกี่วินาทีถึงจะเตือนภัย ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานเป็นคนกำหนด

## บทที่ 4

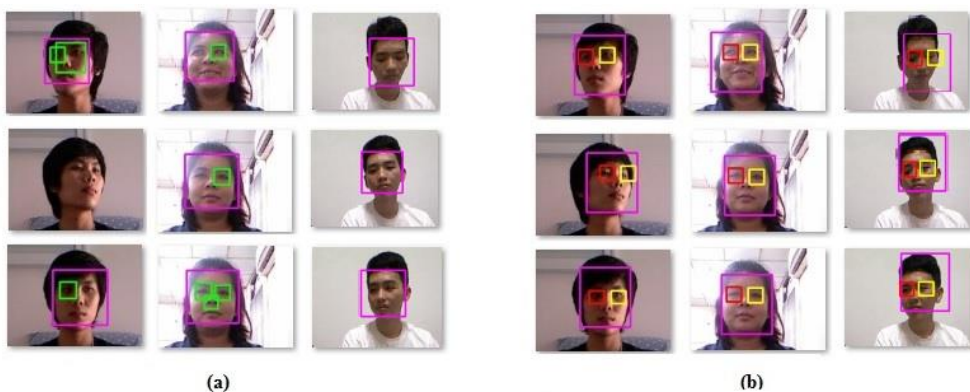
### ผลการทดลอง

#### 4.1 การทดสอบการตรวจหาใบหน้าและดวงตา

การทดสอบการตรวจหาใบหน้าและดวงตาใช้วิธีที่ได้ออกแบบและพัฒนาภาพความลึกจากกล้องคิเนคต์ของวิธานิพนธ์เล่มนี้เปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่ใช้วิธีทฤษฎีแบบฮาร์ไลค์ (Haar-Like feature) ที่ใช้สำหรับการตรวจหาใบหน้าและดวงตากับภาพสี การทดสอบทั้งสองวิธีการนี้จะทดสอบผ่านการใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์วิซวลสตูดิโอด้วยภาษาซีพลัสพลัส และโอเพนซีวี (OPENCV) ที่เป็นคลัง (Library) สำหรับการประมวลผลทางภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งได้มีวิธีทฤษฎีแบบฮาร์ไลค์สำหรับการตรวจจับใบหน้าและดวงตามาให้ด้วย จากรูปที่ 29 ได้แสดงตัวอย่างของการทดสอบนี้ ผลลัพธ์ที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ทางซ้ายมือ คือ การใช้วิธีทฤษฎีแบบฮาร์ไลค์ และผลลัพธ์ทางขวามือ คือ วิธีการที่พัฒนา ส่วนรูปที่ 30 ได้แสดงภาพเปรียบเทียบกรณีที่ใช้วิธีทฤษฎีแบบฮาร์ไลค์นั้นตรวจหาไม่สมบูรณ์กับวิธีการที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 29 การทดสอบการตรวจหาใบหน้าและดวงตา

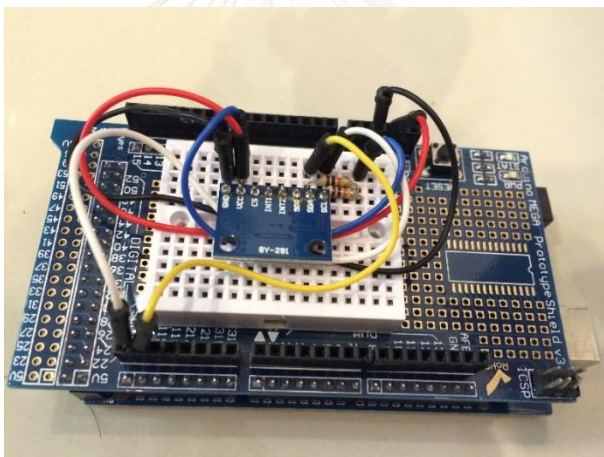


รูปที่ 30 ผลการทดสอบการตรวจหาใบหน้าและดวงตา a) วิธีทฤษฎีแบบฮาร์ไลค์ b) วิธีที่พัฒนา



## 4.2 การทดสอบการวัดค่ามุมพิตซ์

สำหรับการทดสอบนี้เป็นการวัดค่ามุมพิตซ์ของตำแหน่งศีรษะที่ใช้สำหรับการตรวจจับการสับหงกของคนขับรถ ซึ่งทำการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการประมาณท่าทางของศีรษะโดยใช้วิธีป่าสุ่มแบ่งแยกการถดถอยกับมอดูลวัดความเร่งสามแกน (3-axis accelerometer module) [31] ที่มีความแม่นยำสูงในการวัดค่ามุมซึ่งทำหน้าที่เป็นระดับอ้างอิง ซึ่งอุปกรณ์นี้ได้แสดงดังรูปที่ 31 โดยมอดูลวัดความเร่งสามแกนจะถูกติดตั้งไว้บนศีรษะคนขับรถเพื่อทำการเปรียบเทียบว่าวิธีการประมาณท่าทางของศีรษะนั้นมีความถูกต้องต่อการตรวจจับการสับหงกหรือไม่ ในส่วนของมอดูลวัดความเร่งสามแกนที่ใช้ในการทดสอบในงานวิจัยนี้ คือ เอดีเอ็กซ์แอลสามสี่ห้า (ADXL345) จากบริษัทแอนะล็อก-ดีไวซ์ (Analog Devices) โดยทำการสื่อสารเชื่อมต่อกับบอร์ดอาดูยโน (Arduino Board) ผ่านโปรโตคอลไอสแควร์ซี (I2C protocol) ทำให้เราสามารถรับข้อมูลการวัดค่ามุมพิตซ์จากมอดูลวัดความเร่งสามแกนได้



รูปที่ 31 มอดูลวัดความเร่งสามแกนเอดีเอ็กซ์แอลสามสี่ห้าที่เชื่อมต่อกับบอร์ดอาดูยโน

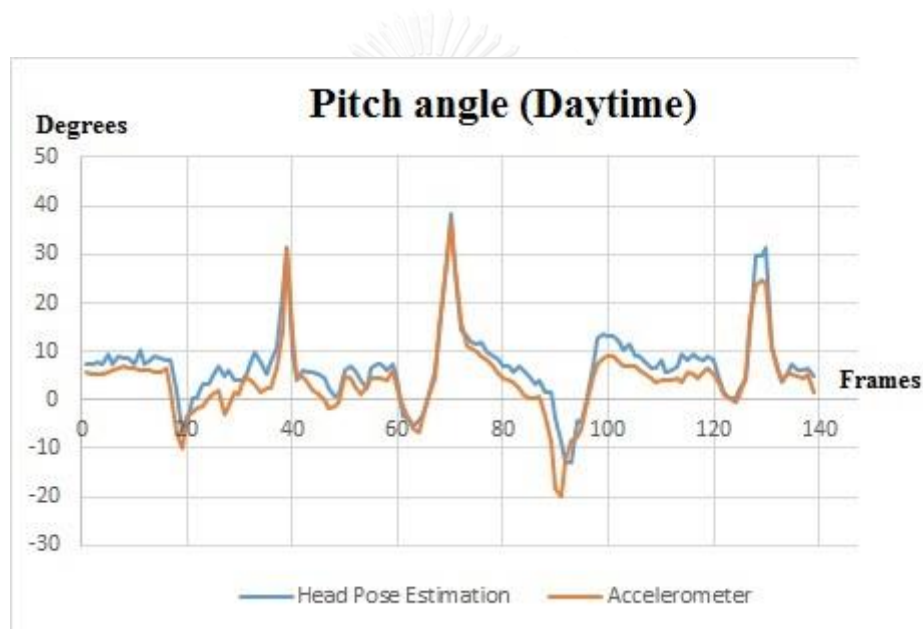
ผลการทดลองที่ได้จากวิธีการป่าสุ่มแบ่งแยกการถดถอยและมอดูลวัดความเร่งสามแกนที่ติดตั้งบนศีรษะคนขับรถ ผู้ถูกทดสอบจะถูกถ่ายอย่างต่อเนื่องจากกล้องคิเน็คต์เป็นจำนวน 140 ภาพ ในเวลากลางวันและกลางคืน ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองนี้ได้แสดงดังรูปที่ 32 และรูปที่ 33 ส่วนรูปที่ 34 นั้นได้แสดงตัวอย่างของหน้าต่างโปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบ

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (7)$$

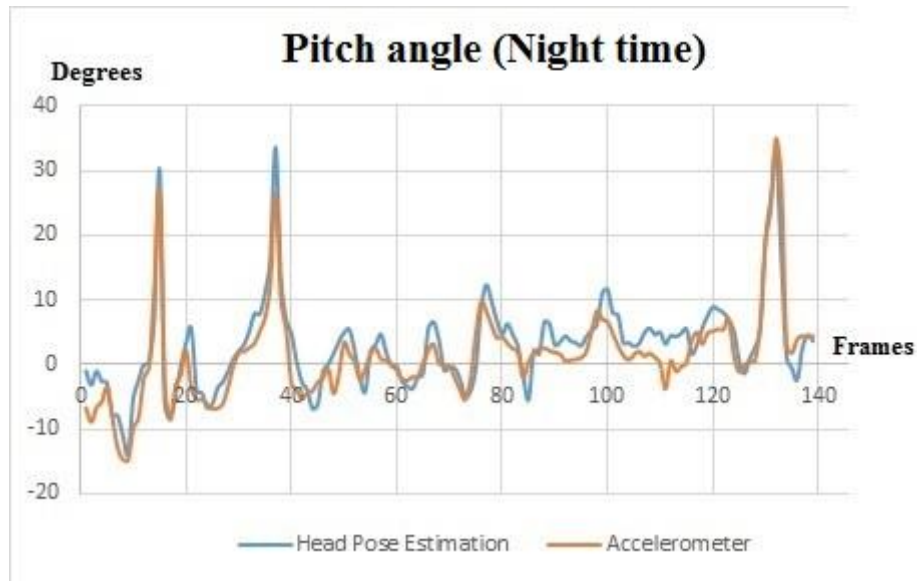


จากสมการที่ 7 คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์  $r$  (Coefficient of correlation) ใช้สำหรับหาความสัมพันธ์ของ 2 ข้อมูล โดยจะมีค่าอยู่ในช่วง -1 ถึง +1 ถ้าค่านี้เข้าใกล้ -1 หรือ +1 ก็จะถือว่าข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์กันอย่างมาก แต่ถ้ามีค่าเท่ากับ 0 จะหมายถึงข้อมูลทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการทดลองนี้จะกำหนดให้  $x$  คือ มุมพิตซ์จากการประมาณท่าทางของศีรษะ และ  $y$  คือ มุมพิตซ์จากมอดูลวัดความเร่งสามแกน ซึ่งได้ผลลัพธ์ คือ +0.94 ในเวลากลางวัน และ +0.92 ในเวลากลางคืน

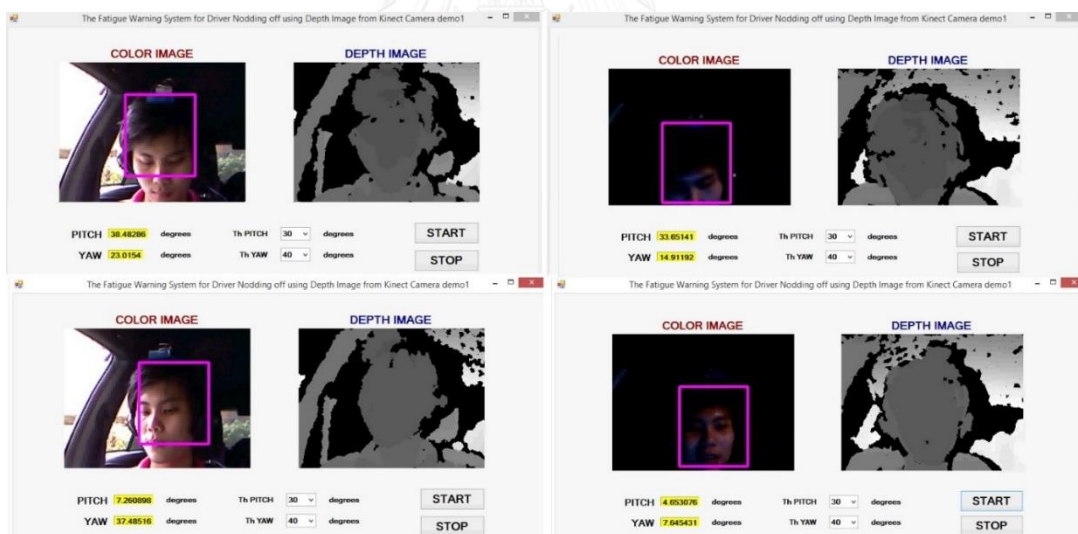
จากผลลัพธ์ของการทดสอบนี้จะพบว่าข้อมูลของมุมพิตซ์จากทั้งสองนั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการประมาณท่าทางของศีรษะด้วยวิธีการปาสุ่มแบ่งแยกการถดถอยมีความแม่นยำที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยนี้สำหรับการตรวจจับการสับทงได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 32 ค่ามุมพิตซ์ระหว่างการประมาณท่าทางของศีรษะด้วยวิธีปาสุ่มแบ่งแยกการถดถอยกับมอดูลวัดความเร่งสามแกนในเวลากลางวัน



รูปที่ 33 ค่ามุมพิตซ์ระหว่างการประมาณท่าทางของศีรษะด้วยวิธีปาสุ่มแบ่งแยกการถดถอยกับมอดูลวัดความเร่งสามแกนในเวลากลางคืน



รูปที่ 34 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบการวัดค่ามุมก้มเงย

#### 4.3 การหาค่ามุมพิตซ์จากพฤติกรรมของคนที่กำลังหลับก

เมื่อผู้ขับขี่อยู่ในสภาวะเมื่อยล้าจะส่งผลให้เกิดการหลับในและหลับกเกิดขึ้น ในส่วนนี้ได้ทำการทดสอบโดยการจำลองพฤติกรรมกับวิดีโอของคนที่กำลังหลับกจากยูทูป (YouTube) จำนวน 8 ไฟล์ เพื่อที่จะหามุมพิตซ์ของศีรษะที่วัดผ่านมอดูลวัดความเร่งสามแกนขณะที่กำลังหลับกอยู่ จากตารางที่ 5 แสดงพฤติกรรมท่าทางการก้มเงยด้วยมุมพิตซ์ในช่วง -25 ถึง 35 องศา ซึ่งค่ามุมที่เป็นบวก

หมายถึง การก้มศีรษะ ส่วนค่านุมที่เป็นลบ หมายถึง การเงยศีรษะ จากตารางที่ 4 นี้ได้แสดงผลลัพธ์ที่ได้ทำการสอบในการจำลองพฤติกรรมกับวิดีโอทั้ง 8 ไฟล์ ซึ่งจะพบว่าค่านุมพิตซ์ของคนที่กำลังสัปหงกนั้นจะอยู่ในช่วงประมาณ 20 ถึง 60 องศา ในลักษณะการก้มศีรษะ และ -20 ถึง -45 องศา ในลักษณะการเงยศีรษะ

ตารางที่ 4 ผลลัพธ์จากการจำลองพฤติกรรมเพื่อหาค่านุมพิตซ์กับวิดีโอของคนที่กำลังสัปหงก

ลำดับที่	ภาพเปรียบเทียบระหว่างคนที่กำลังสัปหงกกับการจำลองพฤติกรรมเพื่อหาค่านุมพิตซ์ของศีรษะ	นุมพิตซ์ (องศา)
1 [32]		-35.80
2 [33]		25.92
3 [34]		34.32
4 [35]		27.54

ลำดับที่	ภาพเปรียบเทียบระหว่างคนที่กำลังสัปหงกกับการจำลองพฤติกรรมเพื่อหาค่ามูมพิตซ์ของศิระะ	มูมพิตซ์ (องศา)
5 [36]		26.83
6 [37]		27.38
7 [38]		24.58
8 [39]		34.79



ตารางที่ 5 ตำแหน่งท่าของของศีรษะด้วยค่ามุมพิคซีในช่วง -25 ถึง 35 องศา

มุมพิคซี (องศา)	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3	ตำแหน่งที่ 4	ตำแหน่งที่ 5
-25					
-20					
-15					
-10					
-5					
0					
5					
10					
15					
20					
25					
30					
35					

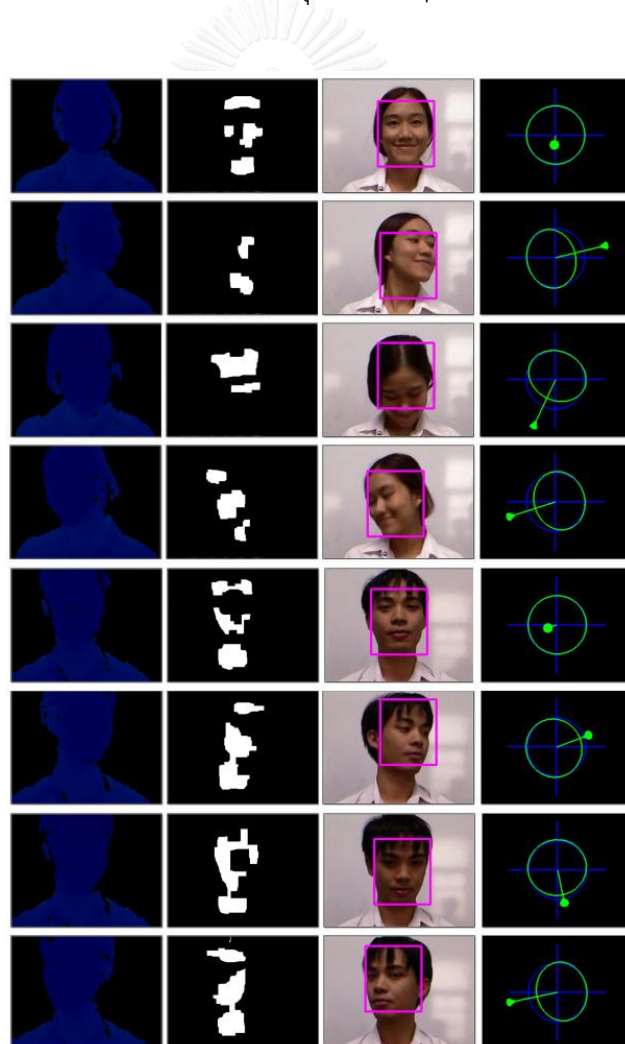
#### 4.4 การทดสอบเพื่อวัดค่าความไวกับกลุ่มภาพของคน 4 ท่าทาง

สำหรับการทดสอบนี้เป็นการทดสอบค่าความไว (Sensitivity) กับการประมาณค่าทางศีรษะ โดยใช้วิธีป่าสุ่มแบ่งแยกการถดถอยกับกลุ่มภาพ จำนวน 160 ภาพ ที่ประกอบด้วย 4 ท่าทาง ได้แก่ มองตรง มองซ้าย ก้มหน้า และมองขวา ตามลำดับ ต่อคน รวมทั้งหมด 40 คน ประกอบด้วยเพศหญิง และเพศชาย รวมถึงคนที่ใส่แว่นตา การหาค่าความไวนี้จะใช้ค่าจำนวนผลบวกจริง (True Positives) กับจำนวนผลลบปลอม (False Negatives) ในการคำนวณดังสมการที่ 8

$$\% \text{ ค่าความไว} = \frac{\text{จำนวนผลบวกจริง}}{\text{จำนวนผลบวกจริง} + \text{จำนวนผลลบปลอม}} \times 100\% \quad (8)$$

จากสมการข้างบน จำนวนผลบวกจริง คือ จำนวนของภาพที่ทำการประมาณท่าทางของ ศีรษะในทิศทางที่ถูกต้อง ในส่วนจำนวนผลบวกทั้งหมดทุกเงื่อนไข คือ จำนวนของภาพทั้งหมดที่ต้องทำการประมาณท่าทางของศีรษะได้

จากรูปที่ 35 และรูปที่ 36 เป็นตัวอย่างภาพที่ถูกทดสอบ ได้แก่ ภาพความลึก ภาพทวิภาค แสดงคอนทัวร์สำหรับหาพิกัดใบหน้า ภาพการตรวจจับใบหน้า และภาพแสดงตำแหน่งท่าทางของ ศีรษะ จากผลการทดสอบทั้งหมด ผลลัพธ์ของเปอร์เซ็นต์ค่าความไวที่ถูกคำนวณได้ คือ 93.75% ซึ่งแสดงให้เห็นว่างานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้งานกับบุคคลต่าง ๆ ที่มีความหลากหลายได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 35 ตัวอย่างภาพผลบวกจริงที่ถูกทดสอบสำหรับการทดลองการหาค่าความไวของการประมาณท่าทางของศีรษะ



รูปที่ 36 ตัวอย่างภาพผลลบปลอมที่ถูกทดสอบสำหรับการทดลองการหาค่าความไวของการประมาณท่าทางของศีรษะ

#### 4.5 การทดสอบเพื่อวัดค่าความไวกับสถานการณ์จริง

การทดลองนี้ได้ติดตั้งระบบเตือนภัยไว้ในรถยนต์ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย กล้องคิเนกต์ คอมพิวเตอร์ แบตเตอรี่ 12 โวลต์ ที่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับกล้องคิเนกต์ และได้มีการติดตั้งกล้องแอ็คชัน (Action camera) เพื่อทำการบันทึกภาพและเสียงขณะทำการทดสอบ จากอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ถูกติดตั้งนั้นได้แสดงดังรูปที่ 37 และรูปที่ 38 สำหรับการทดสอบนี้ ระยะห่างระหว่างผู้ถูกทดสอบกับกล้องคิเนกต์มีค่าประมาณ 0.75 เมตร ซึ่งแสดงดังรูปที่ 39



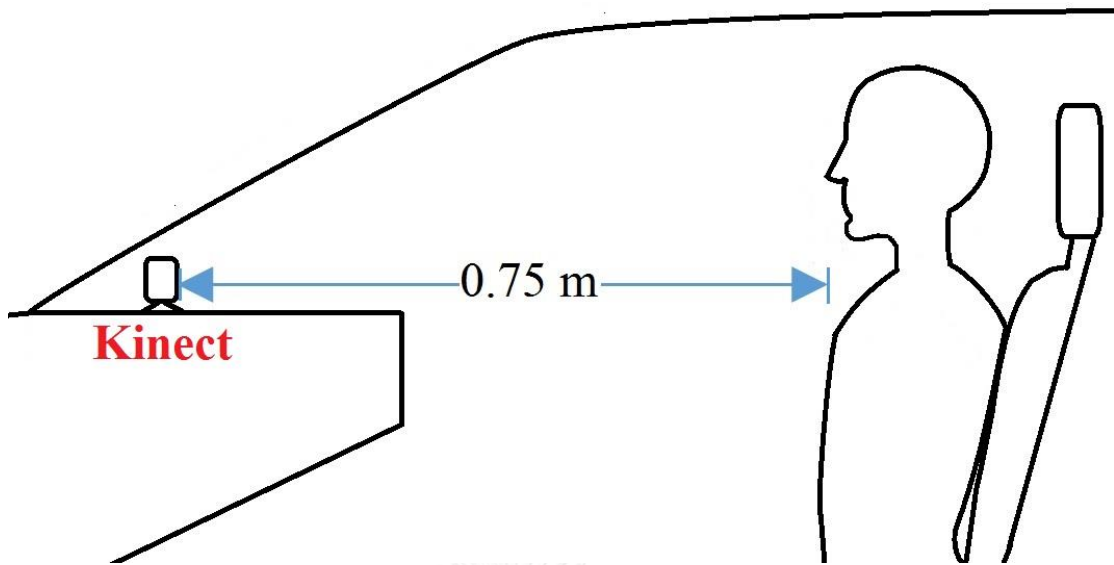
รูปที่ 37 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับระบบเตือนภัยจากความเมื่อยล้า



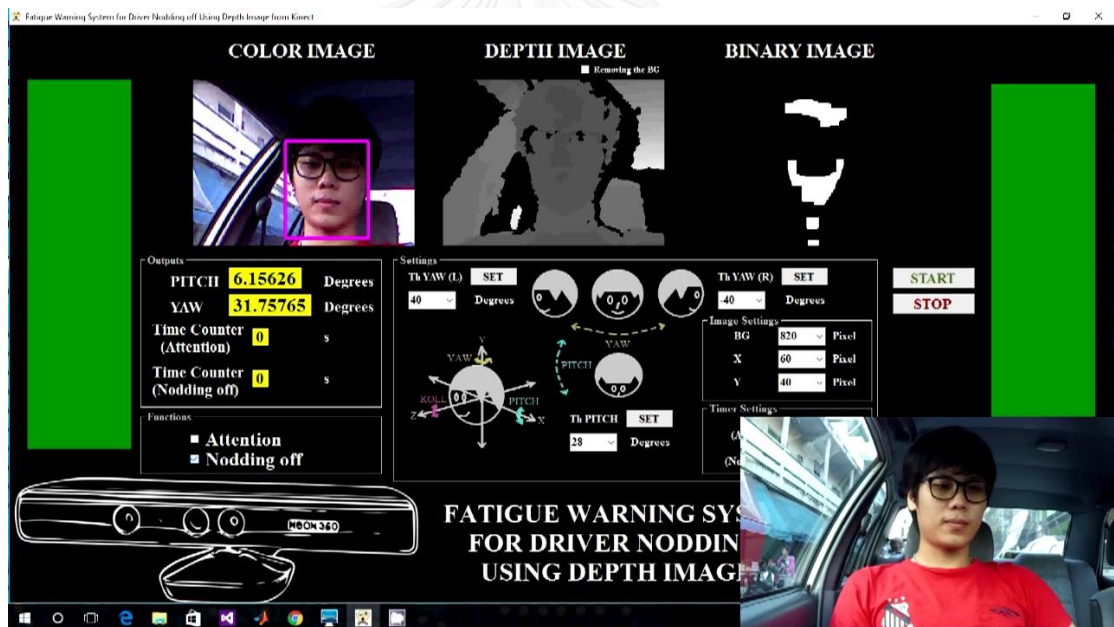
รูปที่ 38 กล้องคิเน็คต์และกล้องแอ็คชั่นที่ถูกติดตั้งภายในรถ

ในการทดสอบส่วนนี้ได้ทำการทดสอบกับผู้โดยสาร 1 คน โดยทำการทดสอบในเวลากลางวัน ใช้เวลา 9 นาที คิดเป็นจำนวนภาพได้ 2,676 เฟรม ผลลัพธ์ที่ได้ คือ 94.28% ส่วนการทดสอบในเวลา กลางคืนนั้น ใช้เวลา 7 นาที คิดเป็นจำนวนภาพได้ 2,036 เฟรม ผลลัพธ์ที่ได้ คือ 95.13% การทดลอง นี้ได้ใช้ค่ามัมพิตซ์ คือ 25 องศา เป็นค่ามัมพิตซ์แบ่งสำหรับเป็นตัวกำหนดว่ามีการสับหงกเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้ามัมพิตซ์ของศีรษะผู้ถูกทดสอบนั้นมีค่ามากกว่า 25 องศา ก็จะมีการเตือนภัยเกิดขึ้น ตัวอย่างภาพ ของการทดสอบนี้จะแสดงดังรูปที่ 40 และรูปที่ 41 ซึ่งจะแสดงการทำงานของโปรแกรม เมื่อผู้ถูก ทดสอบอยู่ในสถานะปกติตัวแสดงผลจะแสดงเป็นสีเขียว แต่เมื่อผู้ถูกทดสอบมีการสับหงกเกิดขึ้น โปรแกรมจะแสดงผลเป็นสีแดง และมีการแจ้งเตือนด้วยเสียงเตือนภัยเพื่อให้ผู้ถูกทดสอบเกิดการ ตื่นตัวขึ้น จากผลลัพธ์ค่าความไวที่ได้ระหว่างกลางวันและกลางคืนนั้นจะพบว่าในเวลากลางวันจะมีค่า มากกว่าเพราะการทดสอบในบางจังหวะของระบบนี้ที่เวลากลางวัน แสงแดดจากดวงอาทิตย์มีการ ส่องกระทบโดยตรงต่อผู้ถูกทดสอบ ดังนั้นภาพความลึกที่ได้จากกล้องคิเน็คต์จะถูกรบกวนทำให้การ ประมาณค่ามัมพิตซ์มีความผิดพลาดได้ จากรูปที่ 42 ได้แสดงตัวอย่างของผลกระทบต่อแสงแดดซึ่งได้ ทำการทดสอบโดยการเปิดกระจกหน้าต่างประตูให้แสงแดดส่องกระทบต่อบุคคล จะพบว่าผลลัพธ์ที่ แสดงจากภาพความลึกนั้นข้อมูลของภาพจะหายไปบริเวณแสงแดดส่องมาโดยตรง เพราะฉะนั้นการ ใช้ระบบนี้ถ้ามีการติดตั้งฟิล์มกรองแสงแดดที่กระจกรถเพื่อลดการทะลุผ่านของแสงแดดต่อผู้ขับรถ ได้มากเท่าไร ระบบก็จะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเท่านั้น

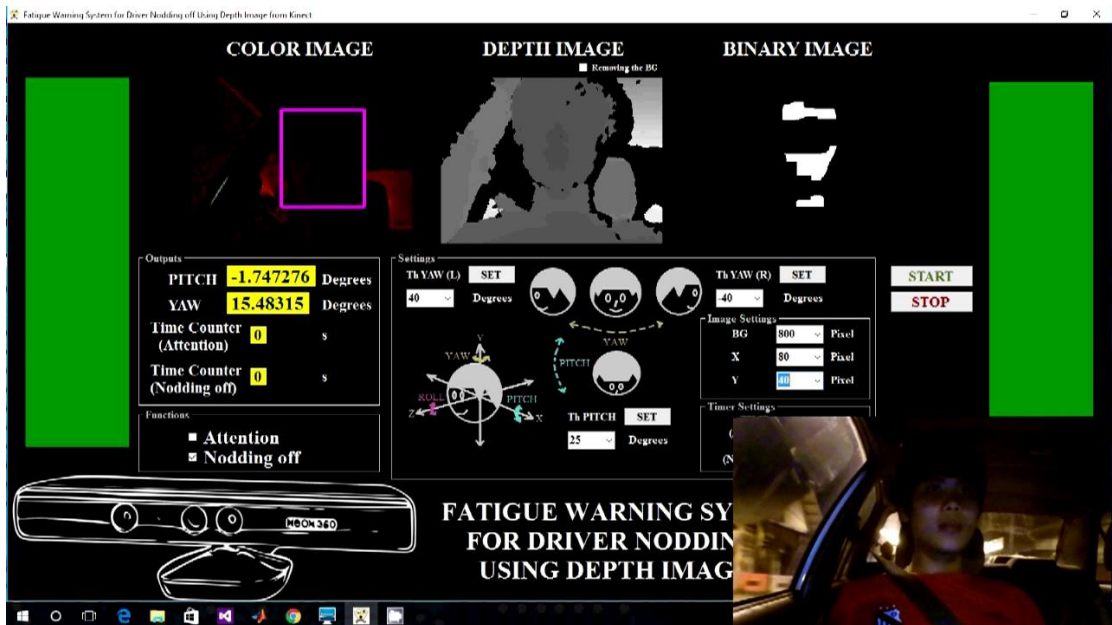




รูปที่ 39 ระยะห่างระหว่างกล้องคิเน็คต์กับผู้ถูกทดสอบภายในรถยนต์



รูปที่ 40 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมประยุกต์ของระบบเตือนภัยที่ใช้ทดสอบในเวลากลางวัน



รูปที่ 41 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมประยุกต์ของระบบเตือนภัยที่ใช้ทดสอบในเวลากลางคืน

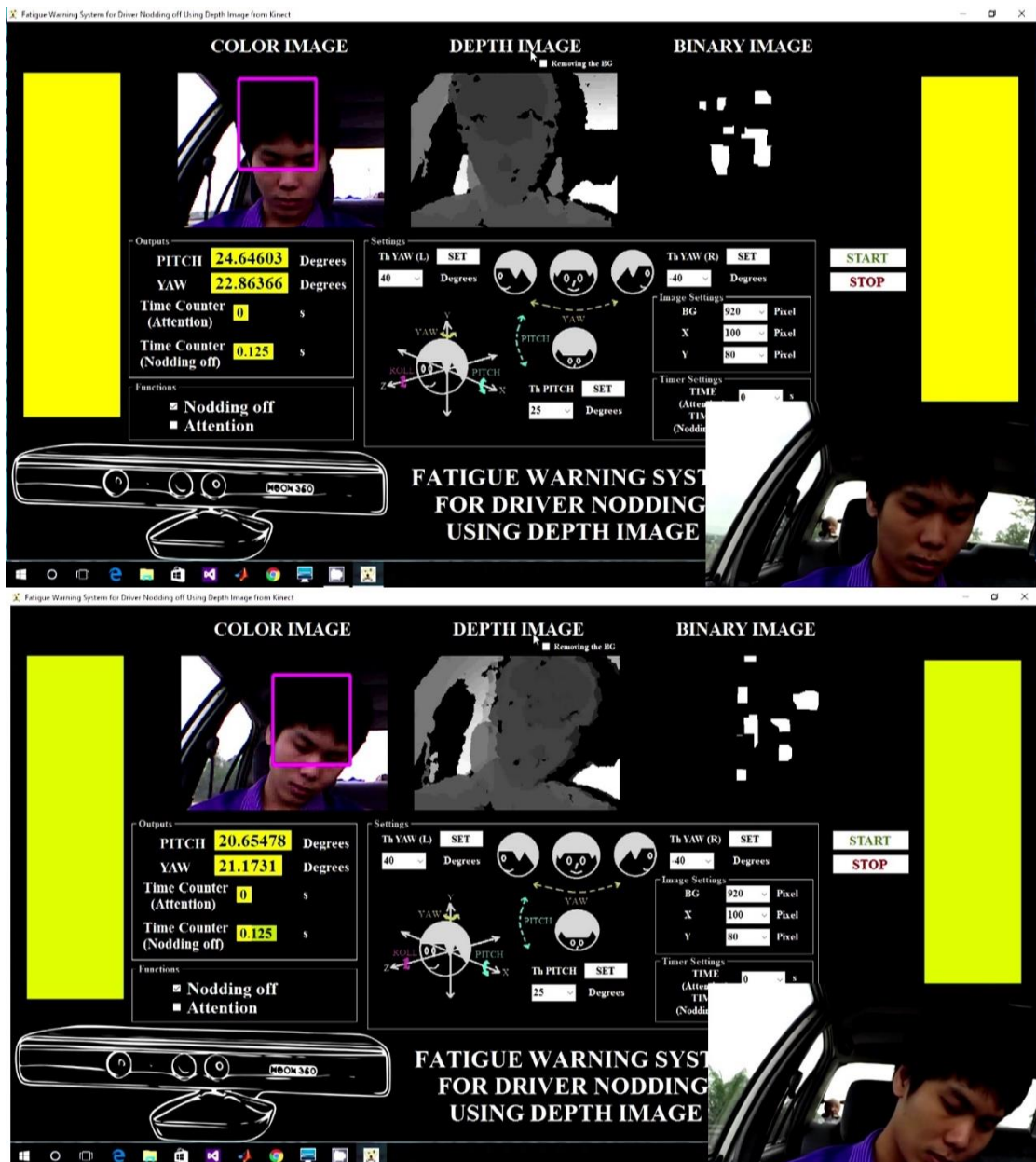


รูปที่ 42 ภาพสีและภาพความลึกที่มีผลกระทบต่อการทำงานของแสงแดด

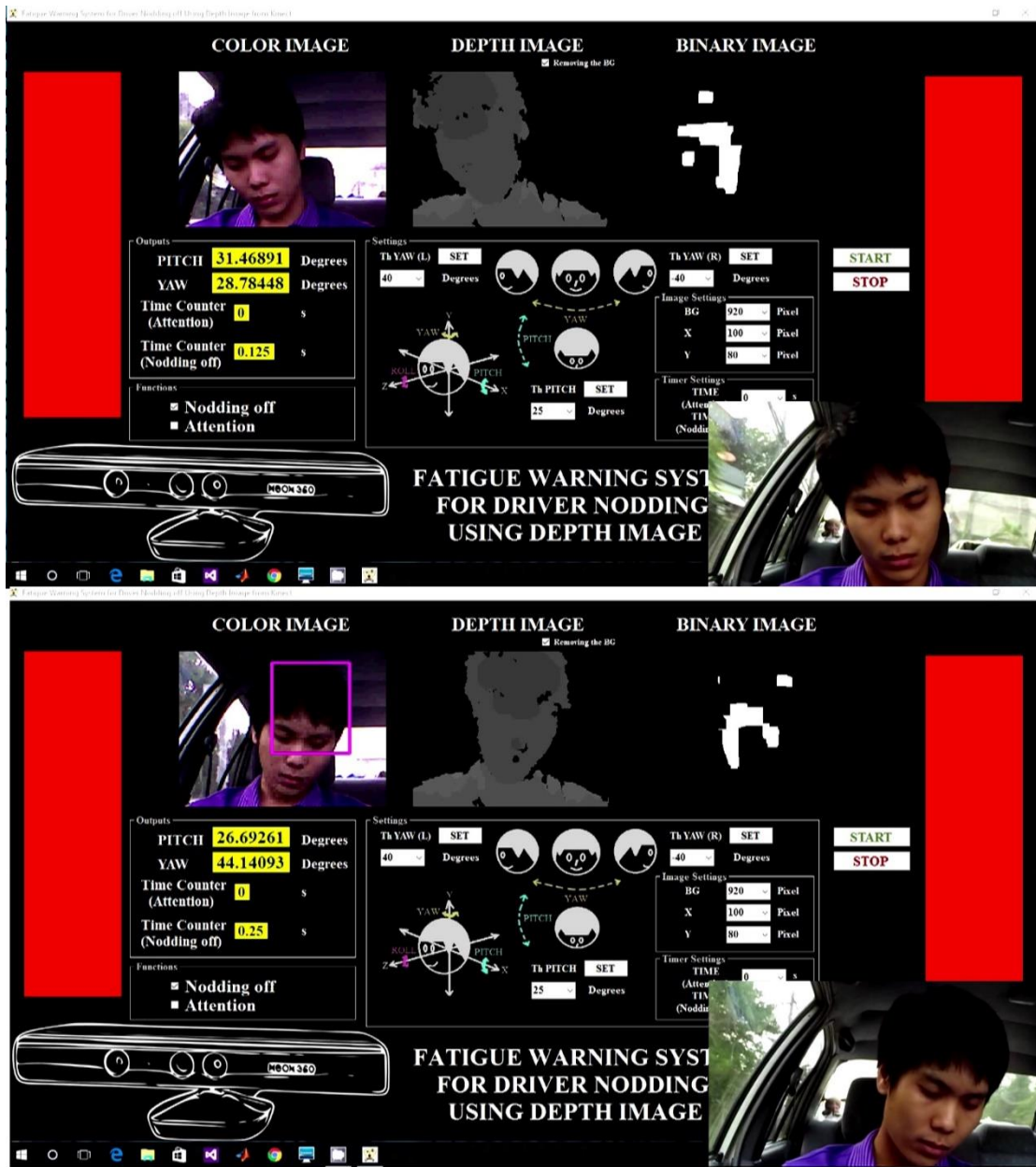
#### 4.6 การทดสอบระบบกรณีหลับงก

การทดลองนี้ได้ทดสอบกับผู้ที่ถูกทดสอบขณะที่กำลังหลับงก 2 คน ซึ่งเป็นเพศชายและเพศหญิง ตามลำดับ ในสถานะที่ผู้ถูกทดสอบนั้นอยู่ในสถานะที่ง่วงนอนอยู่ จากการทดลองการหาค่ามุมพิตซ์จากพฤติกรรมของคนที่กำลังหลับงกนั้นจะพบว่ามุมพิตซ์ของคนที่กำลังหลับงกนั้นจะอยู่ในช่วงประมาณ 20 ถึง 60 องศา ในลักษณะการก้มศีรษะ และ -20 ถึง -45 องศา ในลักษณะการเงยศีรษะ ดังนั้นระบบนี้จะกำหนดช่วงของค่ามุมพิตซ์เป็น 2 ส่วน สำหรับการเตือนภัย ได้แก่ เมื่อมุมพิตซ์ในช่วง 20 ถึง 25 องศา และ -25 ถึง -30 องศา ระบบจะเตือนด้วยระยะเริ่มต้นโดยการเตือนด้วยเสียง 1 จังหวะ และแสดงผลบนหน้าจอเป็นสีเหลืองเพื่อบ่งบอกว่าผู้ถูกทดสอบกำลังจะหลับงก เมื่อ

มุมพิตช์มีค่ามากกว่า 25 องศา และ น้อยกว่า -30 องศา ระบบจะเตือนด้วยเสียงเตือนภัยที่ยาวพร้อมทั้งแสดงผลหน้าจอเป็นสีแดงเพื่อให้ผู้ถูกทดสอบตื่นตัว จากผลการทดสอบนี้ระบบสามารถตอบสนองต่อการวัดมุมพิตช์ และเตือนภัยได้อย่างทันทีเมื่อผู้ถูกทดสอบเกิดการสัปหงกขึ้น ผลการทดสอบขณะที่ระบบเตือนภัยนั้นได้แสดงดังรูปที่ 43 ถึง รูปที่ 48

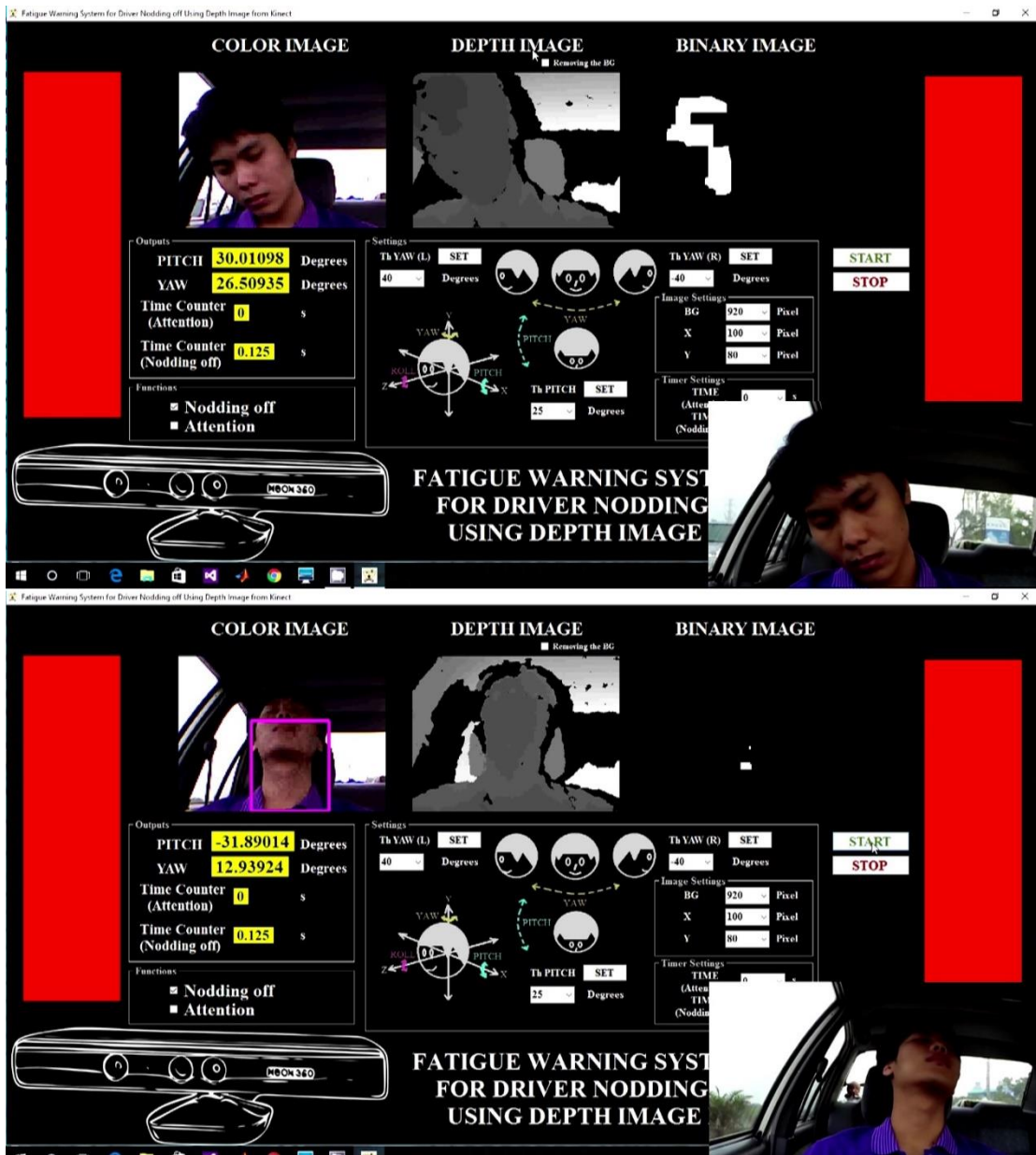


รูปที่ 43 ผลการทดสอบการเตือนภัยกรณีสัปหงก 1

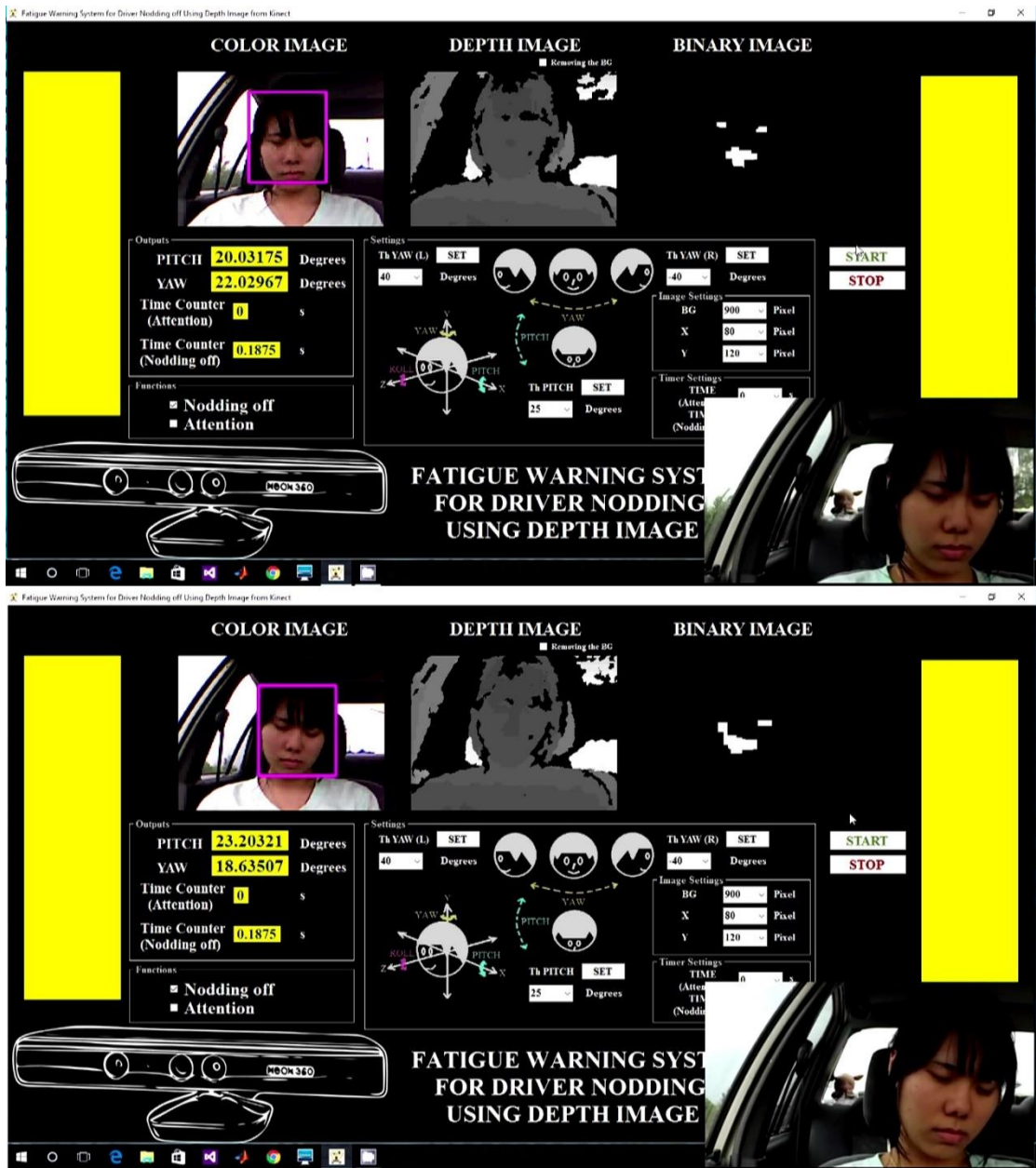


รูปที่ 44 ผลการทดสอบการเตือนภัยกรณีหลับหง 2

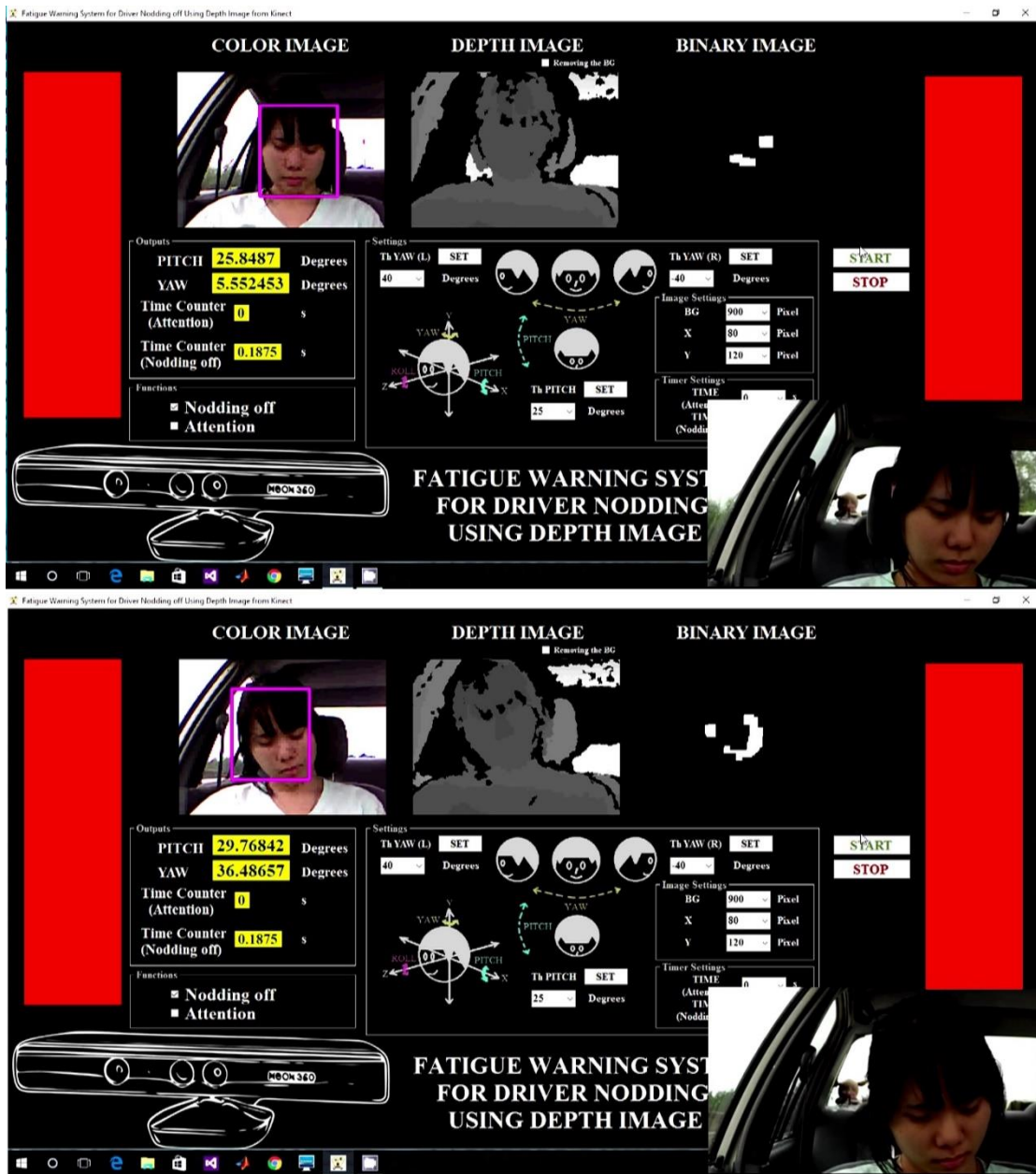




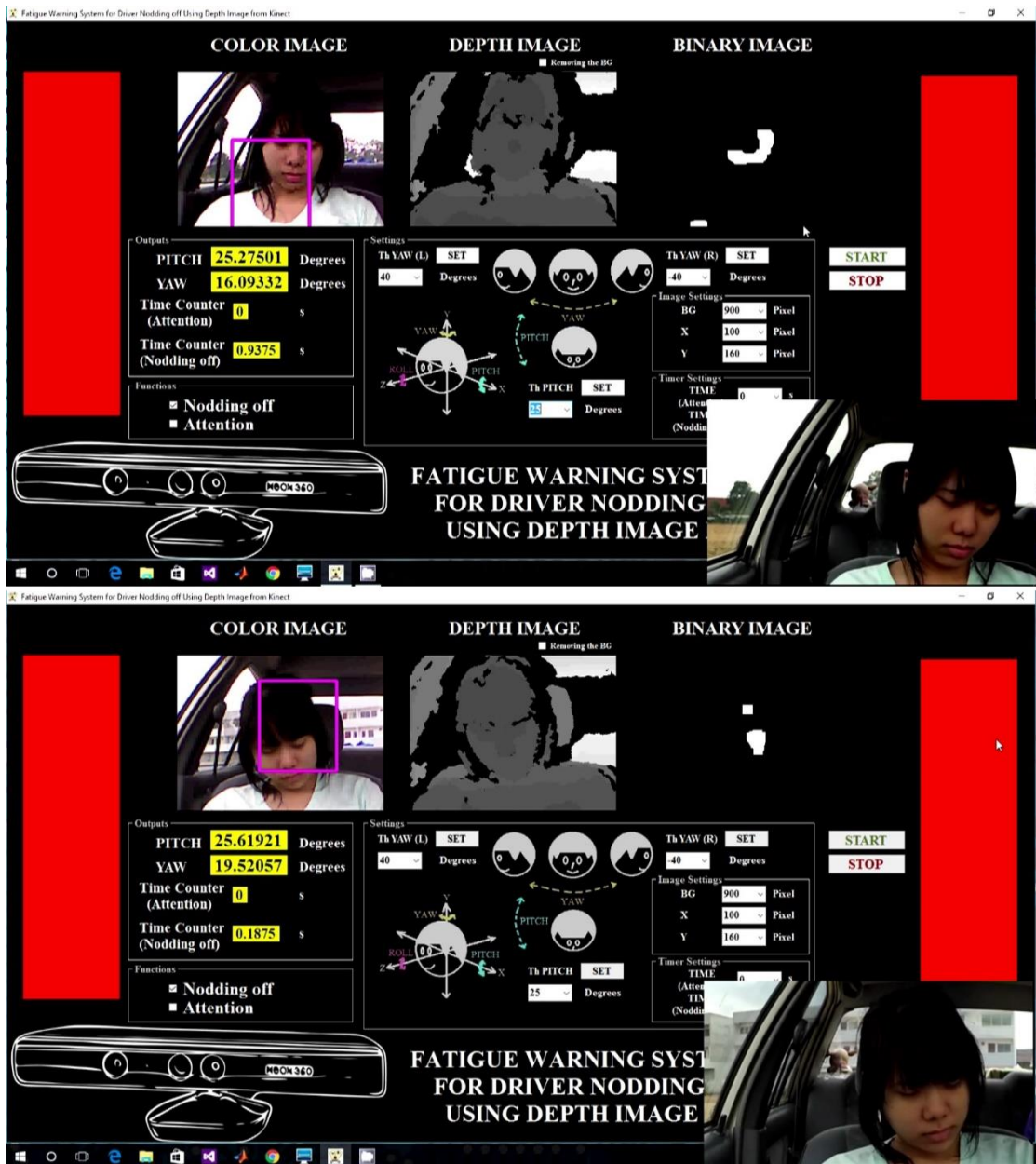
รูปที่ 45 ผลการทดสอบการเตือนภัยกรณีหลับหง 3



รูปที่ 46 ผลการทดสอบการเตือนภัยกรณีหลับหง 4



รูปที่ 47 ผลการทดสอบการเตือนภัยกรณีหลับหง 5



รูปที่ 48 ผลการทดสอบการเตือนภัยกรณีหลับหง 6



## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลองการตรวจหาใบหน้าและดวงตา

จากการทดลองนี้เป็นการทดสอบการตรวจหาใบหน้าและดวงตาระหว่างวิธีการที่พัฒนาซึ่งใช้ภาพความลึกจากกล้องคิเน็คต์มาประมวลผล กับวิธีทฤษฎีแบบฮาร์โลคซึ่งเป็นที่นิยมที่ใช้ภาพสีมาประมวลผล ซึ่งผลการทดสอบเปรียบเทียบทั้งสองวิธีนั้นวิธีการที่พัฒนาสามารถตรวจหาได้แม่นยำกว่า เนื่องจากการใช้ภาพความลึกนั้นไม่ส่งผลกระทบต่อ ๑ ต่อเงื่อนไขของแสง ซึ่งแตกต่างจากวิธีทฤษฎีแบบฮาร์โลคที่ใช้ภาพสีในการประมวลผล และวิธีการที่พัฒนานี้สามารถตรวจหาใบหน้าและดวงตาได้ในกรณีที่มีการเอียงมุมของศีรษะได้ดีกว่า ซึ่งสามารถลดข้อจำกัดของวิธีทฤษฎีแบบฮาร์โลคได้เป็นอย่างดี

#### 5.2 สรุปผลการทดลองการวัดค่ามุมพิตซ์

สำหรับการทดสอบนี้เป็นการวัดค่ามุมพิตซ์ของตำแหน่งศีรษะที่ใช้สำหรับการตรวจจับการสัปหงกของคอนซ์บรโดยทำการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการประมาณท่าทางของศีรษะกับวิธีป่าสู่มแบ่งแยกการถดถอยที่ใช้ในระบบกับมอดูลวัดความเร่งสามแกนที่มีความแม่นยำสูงในการวัดค่ามุมทดลองโดยการถ่ายภาพความลึกจากกล้องคิเน็คต์ต่อเนื่องเป็นจำนวน 140 ภาพ ทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน จากผลการทดลองที่ได้ค่ามุมพิตซ์จากวิธีการป่าสู่มแบ่งแยกการถดถอยและมอดูลวัดความเร่งสามแกนที่ติดตั้งบนศีรษะคอนซ์บรมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการประมาณท่าทางของศีรษะนี้เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการตรวจหามุมพิตซ์ของระบบเตือนภัยจากความเมื่อยล้ากรณีสัปหงก

#### 5.3 สรุปผลการทดลองการหาค่ามุมพิตซ์จากพฤติกรรมของคนที่กำลังสัปหงก

จุดประสงค์ของการทดลองนี้ต้องการศึกษาพฤติกรรมของคนที่กำลังสัปหงก และต้องการรู้ค่ามุมพิตซ์ของศีรษะ ณ ขณะนั้น เพื่อที่จะหาค่ามุมพิตซ์ที่เหมาะสมสำหรับระบบเตือนภัยจากความเมื่อยล้ากรณีสัปหงก การทดสอบได้จำลองพฤติกรรมกับวิดีโอของคนที่กำลังสัปหงกจากยูทูบ 8 ไฟล์ จะพบว่าค่ามุมพิตซ์ของคนที่กำลังสัปหงกนั้นจะอยู่ในช่วงประมาณ 20 ถึง 60 องศา ในลักษณะการก้มศีรษะ และ -20 ถึง -45 องศา ในลักษณะการเงยศีรษะ

#### 5.4 สรุปผลการทดลองเพื่อวัดค่าความไวกับกลุ่มภาพของคน 4 ท่าทาง

สำหรับการทดสอบนี้เป็นการทดสอบเพื่อวัดค่าความไวกับการประมาณค่าทางศีรษะโดยใช้วิธีป่าสู่มแบ่งแยกการถดถอยโดยทำการทดสอบกับกลุ่มภาพเป็นจำนวนทั้งหมด 160 ภาพ ที่มาจาก 40

คน ทั้งเพศหญิงและเพศชาย รวมถึงคนที่ใส่แว่นตา ภาพที่ได้จากแต่ละคนนั้นจะประกอบด้วย 4 ท่าทาง ได้แก่ มองตรง มองซ้าย ก้มหน้า และมองขวา ตามลำดับ จากผลการทดสอบทั้งหมดผลลัพธ์ของเปอร์เซ็นต์ค่าความไวที่ถูกคำนวณได้ คือ 93.75% ซึ่งแสดงให้เห็นว่างานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้งานกับบุคคลต่าง ๆ ที่มีความหลากหลายได้เป็นอย่างดี

### 5.5 สรุปผลการทดลองเพื่อวัดค่าความไวกับสถานการณ์จริง

จากการทดลองในส่วนนี้ได้ทำการวัดค่าความไวโดยทดสอบกับผู้โดยสาร 1 คน กับสถานการณ์จริงทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน และมีการจำลองการสับหงกในระหว่างการทดสอบภายในรถยนต์ ค่ามุมขีดแบ่งของมุมพิตซ์กำหนดไว้ที่ 25 องศา สำหรับเป็นตัวกำหนดว่ามีการสับหงกเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้ามุมพิตซ์ของศีรษะผู้ถูกทดสอบนั้นมีค่ามากกว่า 25 องศา ระบบก็จะมีการเตือนภัยเกิดขึ้น สำหรับการทดสอบในเวลากลางวัน เวลาที่ถูกทดสอบนั้นใช้เวลาประมาณ 9 นาที คิดเป็นจำนวนภาพได้ 2,676 เฟรม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ คือ 94.28% ส่วนการทดสอบในเวลากลางคืนนั้น เวลาที่ถูกทดสอบนั้นใช้เวลาประมาณ 7 นาที คิดเป็นจำนวนภาพได้ 2,036 เฟรม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ คือ 95.13% จากผลลัพธ์ค่าความไวที่ได้ระหว่างกลางวันและกลางคืนนั้นจะพบว่าในเวลากลางคืนจะมีค่ามากกว่า เพราะในขณะที่ทำการทดสอบในบางจังหวะที่เวลากลางวันนั้น แสงแดดจากดวงอาทิตย์มีการส่องกระทบโดยตรงต่อผู้ถูกทดสอบ ส่งผลให้ภาพความลึกที่ได้จากกล้องคิเนกต์ถูกรบกวน ทำให้การประมาณค่ามุมนั้นมีความผิดพลาดได้ ดังนั้นถ้ารถยนต์ที่ใช้นั้นมีการติดตั้งฟิล์มกรองแสงที่มีประสิทธิภาพการกรองแสงสูงเท่าไร ก็จะทำให้การทำงานของระบบในเวลากลางวันก็จะดีขึ้นเท่านั้น

### 5.6 สรุปผลการทดลองการทดสอบระบบกรณีสับหงก

จากการทดลองนี้ได้ทดสอบกับผู้ที่ถูกทดสอบขณะที่กำลังสับหงก 2 คน ซึ่งเป็นเพศชายและเพศหญิง ตามลำดับ ในสถานะที่ผู้ถูกทดสอบนั้นอยู่ในสถานะที่ว่างนอนอยู่ เพื่อทำการทดสอบระบบนี้ว่าจะสามารถเตือนภัยผู้ถูกทดสอบได้ทันทีทันใดหรือไม่ ซึ่งค่ามุมขีดแบ่งของมุมพิตซ์ที่ใช้ทดสอบ คือ 25 องศา เมื่อผู้ถูกทดสอบมีการสับหงกเกิดขึ้นระบบจะเตือนภัยด้วยเสียงเตือนพร้อมทั้งมีการแสดงผลบนหน้าจอของโปรแกรมประยุกต์ จากผลการทดสอบนี้ระบบสามารถตอบสนองต่อการวัดมุมพิตซ์และเตือนภัยได้อย่างทันทีเมื่อผู้ถูกทดสอบเกิดการสับหงกขึ้น

### 5.7 สรุปผลการทดลอง

ระบบเตือนภัยความเมื่อยล้ากรณีสับหงกนี้ได้ใช้วิธีการตรวจหาใบหน้าซึ่งได้พัฒนากับการประยุกต์ภาพเกรเดียนต์จากภาพความลึกมาประมวลผล และการใช้วิธีประมาณท่าทางของศีรษะด้วยวิธีป่าสุ่มแบ่งแยกการถดถอยสำหรับการหาค่ามุมพิตซ์ของศีรษะเพื่อทำการตรวจหาการสับหงก จากการทดลองทั้งหมดนี้ระบบมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดี ซึ่งวัดผลได้จากการทดสอบการวัดค่าความไว

และการทำงานจริงต่อผู้ถูกทดสอบที่อยู่ในสภาวะง่วงนอนและมีการสัปหงกเกิดขึ้น ระบบสามารถตอบสนองต่อผู้ถูกทดสอบได้เป็นอย่างดี

### 5.8 ข้อเสนอแนะ

สำหรับระบบการเตือนภัยจากความเมื่อยล้ากรณีสัปหงกนี้ควรมีการเพิ่มการทำงานที่มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น เช่น การตรวจหาการกะพริบตาของผู้ขับรถ ซึ่งสามารถวัดความง่วงนอนของผู้ขับรถได้โดยตรง ดังนั้นผู้พัฒนาต่อไปต้องหาวิธีการตรวจหาการเปิดและการปิดของดวงตาที่ใช้ภาพความลึกมาประมวลผล เพื่อที่จะทำให้สามารถตรวจหาการกะพริบตาได้ทั้งกลางวันและกลางคืน สามารถใช้งานกับระบบนี้ได้ทุกสถานการณ์ และระบบนี้ในการทำงานนั้นต้องใช้โน้ตบุ๊กคอมพิวเตอร์เป็นตัวประมวลผล ซึ่งไม่สามารถติดตั้งกับรถยนต์ได้ ดังนั้นผู้พัฒนาต่อไปต้องออกแบบระบบที่มีขนาดเล็ก ที่ติดตั้งได้ง่าย และสามารถนำโปรแกรมประยุกต์ของระบบนี้ใส่เข้าไปได้ เช่น รัสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) บีเกิลโบน (BeagleBone) หรือ คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Mini PC) เป็นต้น



## รายการอ้างอิง

- [1] National Statistical Office and Ministry of Information and Communication Technology. (October 27). *The situation of traffic accident cause of the accident by a person and environment causes of the equipment used in driving, whole kingdom: 2006-2013*. Available: <http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries21.html>
- [2] National Sleep Foundation. (November 19). *White Paper: Consequences of Drowsy Driving*. Available: <https://sleepfoundation.org/white-paper-consequences-drowsy-driving/>
- [3] T. R. S. f. t. P. o. Accidents. (November 30). *Driver Fatigue and Road Accidents*. Available: <http://www.rospa.com/road-safety/advice/drivers/fatigue/road-accidents/>
- [4] N. Zapper. (October 27). *Nap Zapper*. Available: <http://napzapper.com/>
- [5] L. Hoang, D. Thanh, and L. Feng, "Eye Blink Detection for Smart Glasses," in *Multimedia (ISM), 2013 IEEE International Symposium on*, 2013, pp. 305-308.
- [6] C. S. Wang, C. W. Liu, and Y. C. Huang, "ECG monitoring system in vehicles," in *RF and Wireless Technologies for Biomedical and Healthcare Applications (IMWS-BIO), 2015 IEEE MTT-S 2015 International Microwave Workshop Series on*, 2015, pp. 253-254.
- [7] J. Son, B. Kim, and M. Park, "Lumbar cushion based real-time ECG sensing system for monitoring driver's state," in *2015 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, 2015, pp. 261-262.
- [8] B. G. Lee, J. H. Park, C. C. Pu, and W. Y. Chung, "Smartwatch-Based Driver Vigilance Indicator With Kernel-Fuzzy-C-Means-Wavelet Method," *IEEE Sensors Journal*, vol. 16, pp. 242-253, 2016.
- [9] B. Van Hal, S. Rhodes, B. Dunne, and R. Bossemeyer, "Low-cost EEG-based sleep detection," in *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2014 36th Annual International Conference of the IEEE*, 2014, pp. 4571-4574.

- [10] S. Pritchett, E. Zilberg, Z. M. Xu, M. Karrar, S. Lal, and D. Burton, "Strengthening association between driver drowsiness and its physiological predictors by combining EEG with measures of body movement," in *Broadband and Biomedical Communications (IB2Com), 2011 6th International Conference on*, 2011, pp. 103-107.
- [11] A. Picot, A. Caplier, and S. Charbonnier, "Comparison between EOG and high frame rate camera for drowsiness detection," in *Applications of Computer Vision (WACV), 2009 Workshop on*, 2009, pp. 1-6.
- [12] C. Thum Chia, M. M. Mustafa, A. Hussain, S. F. Hendi, and B. Y. Majlis, "Development of vehicle driver drowsiness detection system using electrooculogram (EOG)," in *Computers, Communications, & Signal Processing with Special Track on Biomedical Engineering, 2005. CCSP 2005. 1st International Conference on*, 2005, pp. 165-168.
- [13] F. Yutian, H. Dexuan, and N. Pingqiang, "A combined eye states identification method for detection of driver fatigue," in *Wireless Mobile and Computing (CCWMC 2009), IET International Communication Conference on*, 2009, pp. 217-220.
- [14] S. Vitabile, A. De Paola, and F. Sorbello, "Bright Pupil Detection in an Embedded, Real-Time Drowsiness Monitoring System," in *Advanced Information Networking and Applications (AINA), 2010 24th IEEE International Conference on*, 2010, pp. 661-668.
- [15] Q. Wu, B. Sun, B. Xie, and J. Zhao, "A PERCLOS-Based Driver Fatigue Recognition Application for Smart Vehicle Space," in *Information Processing (ISIP), 2010 Third International Symposium on*, 2010, pp. 437-441.
- [16] S. Abtahi, B. Hariri, and S. Shirmohammadi, "Driver drowsiness monitoring based on yawning detection," in *Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2011 IEEE*, 2011, pp. 1-4.
- [17] E. Murphy-Chutorian, A. Doshi, and M. M. Trivedi, "Head Pose Estimation for Driver Assistance Systems: A Robust Algorithm and Experimental Evaluation," in *Intelligent Transportation Systems Conference, 2007. ITSC 2007. IEEE*, 2007, pp. 709-714.

- [18] Microsoft. (2016). *Kinect for Xbox 360*. Available: <http://www.xbox.com/en-US/xbox-360/accessories/kinect>
- [19] T. Mallick, P. P. Das, and A. K. Majumdar, "Characterizations of Noise in Kinect Depth Images: A Review," *Sensors Journal, IEEE*, vol. 14, pp. 1731-1740, 2014.
- [20] J. Wongphanngam and S. Pumrin, "Face and Eye Detection Using Kinect Based on HK-Classification," in *AUN/SEED-Net Regional Conference on Electrical and Electronics Engineering*, 2015, pp. 53-54.
- [21] A. Colombo, C. Cusano, and R. Schettini, "A 3D face recognition system using curvature-based detection and holistic multimodal classification," in *Image and Signal Processing and Analysis, 2005. ISPA 2005. Proceedings of the 4th International Symposium on*, 2005, pp. 179-184.
- [22] G. Fanelli, T. Weise, J. Gall, and L. V. Gool, "Real time head pose estimation from consumer depth cameras," in *33rd Annual Symposium of the German Association for Pattern Recognition (DAGM'11)*, 2011, pp. 101-110.
- [23] G. Fanelli, M. Dantone, J. Gall, A. Fossati, and L. V. Gool, "Random Forest for Real Time 3D Face Analysis," *International Journal of Computer Vision*, pp. 437-458, 2013.
- [24] Lenovo. (2016). *IdeaPad U430 Touch Ultrabook*. Available: <http://shop.lenovo.com/us/en/laptops/ideapad/u-series/u430-touch/>
- [25] Wikipedia. *Microsoft Visual Studio*. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Visual\\_Studio](https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio)
- [26] Microsoft. (2016). *Kinect for Windows SDK v1.8*. Available: <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=40278>
- [27] Microsoft. (2016). *Kinect for Windows Developer Toolkit v1.8*. Available: <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=40276>
- [28] OpenNI. (2014). *OpenNI 2.2* Available: <http://openni.ru/openni-sdk/>
- [29] OpenNI. (2013). *NITE 2.0*. Available: <http://openni.ru/files/nite/index.html>
- [30] OpenCV. *OpenCV Library*. Available: <http://www.opencv.org/>
- [31] Analog Devices. *Data Sheet of Digital Accelerometer ADXL345*. Available: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADXL345.pdf>

- [32] tubbycrusaderful. (2016). *Don't fall asleep in my car*. Available:  
[https://www.youtube.com/watch?v=Ouug1Z66\\_JU](https://www.youtube.com/watch?v=Ouug1Z66_JU)
- [33] C. d. guquadri. (2010). *balança mais não caiu*. Available:  
<https://www.youtube.com/watch?v=lNqNkmquSHE>
- [34] flintybadman88. (2006). *Dibley succumbs to the snooze.....* Available:  
<https://www.youtube.com/watch?v=h8loszOczWc>
- [35] ladyjohn4life. (2013). *Dope nod on the uptown #2*. Available:  
<https://www.youtube.com/watch?v=Tp2cR01lu94>
- [36] G. Anonim. (2013). *Sleeping man on train*. Available:  
[https://www.youtube.com/watch?v=Sp\\_nAHYcl1s](https://www.youtube.com/watch?v=Sp_nAHYcl1s)
- [37] jeffandrachelbuddy. (2011). *Miss Sleepy Bobble head*. Available:  
<https://www.youtube.com/watch?v=9gMilkTEhjY>
- [38] staige443. (2013). *Sleeping Head bob*. Available:  
[https://www.youtube.com/watch?v=b2ODTkAJG\\_Q](https://www.youtube.com/watch?v=b2ODTkAJG_Q)
- [39] D. Frost. (2010). *Jon Keeps Falling Asleep*. Available:  
<https://www.youtube.com/watch?v=wmx4zMszaB4>



ภาคผนวก

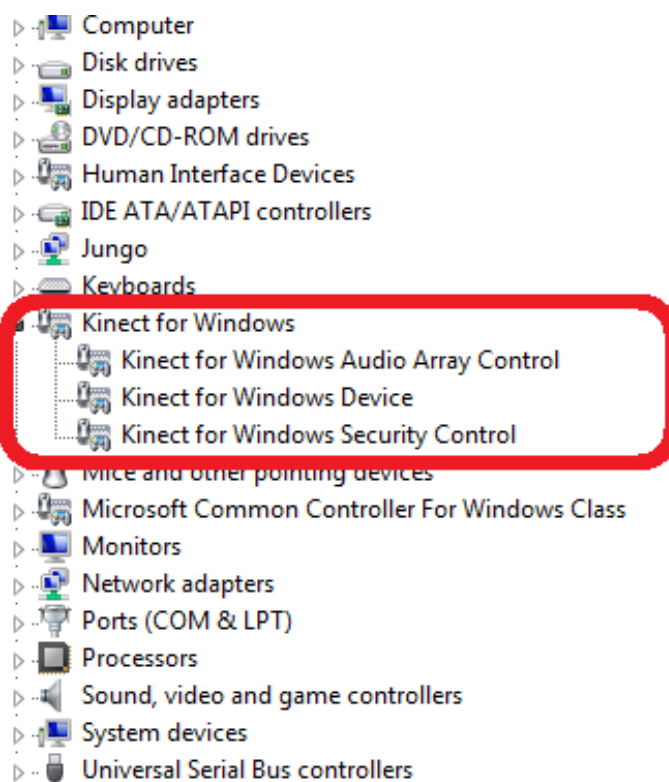
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาคผนวก ก  
โปรแกรมที่ใช้สำหรับวิทยานิพนธ์

คิเน็กต์เอสดีเค 1.8 (Kinect SDK 1.8)

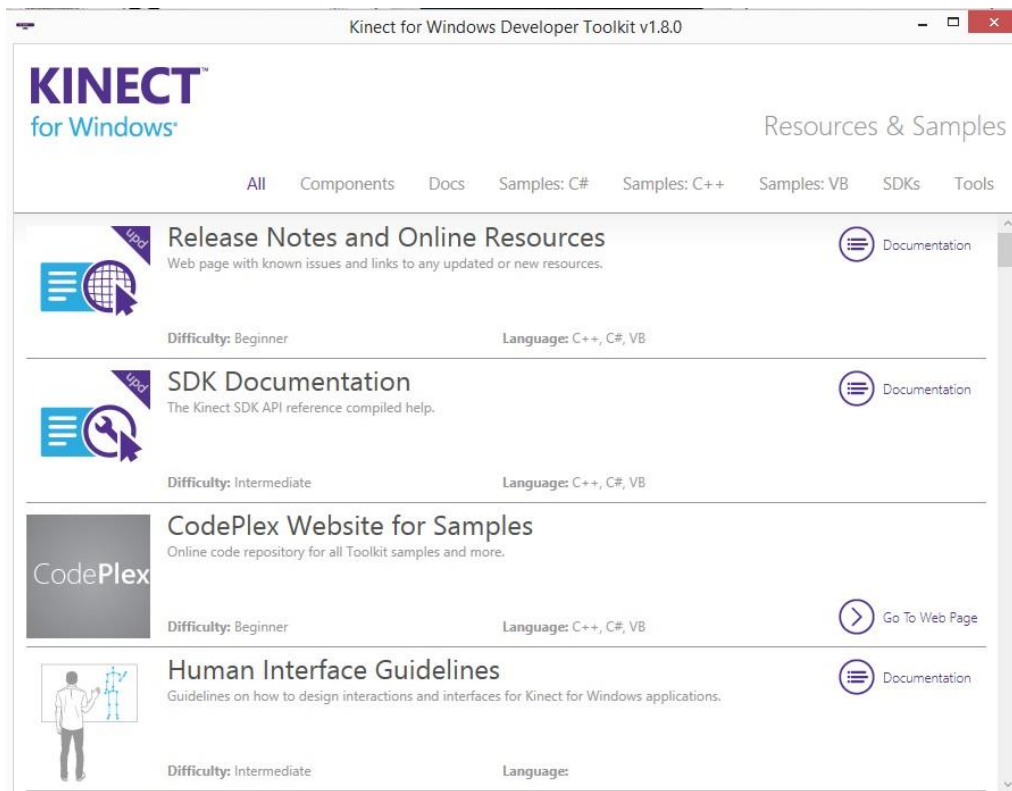
สำหรับโปรแกรมนี้เป็นตัวติดตั้งให้กล้องคิเน็กต์สามารถติดต่อได้กับระบบปฏิบัติการของคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะประกอบด้วยตัวขับ (Driver) ของกล้องคิเน็กต์, เอพีไอ (API), และตัวอย่างโปรแกรมสำหรับการพัฒนา เมื่อได้ทำการลงโปรแกรมเป็นที่เรียบร้อยแล้วจะแสดงผลดังรูปที่ 49



รูปที่ 49 หน้าต่างส่วนควบคุมอุปกรณ์ (Device Manager) เมื่อทำการลงโปรแกรมคิเน็กต์เอสดีเค 1.8 เสร็จสิ้น

คิเน็กต์ดีเวลลอปเปอร์ทูลคิท 1.8 (Kinect Developer Toolkit 1.8)

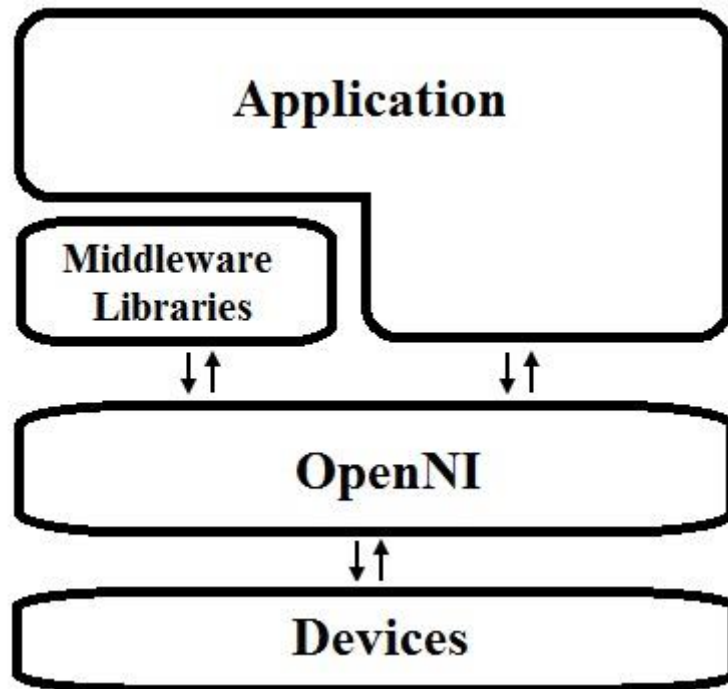
โปรแกรมนี้จะเป็นตัวปรับ (Update) ให้กับโปรแกรมคิเน็กต์เอสดีเค 1.8 และให้ตัวอย่างโปรแกรมสำหรับการพัฒนาเพิ่มเติม หน้าต่างของโปรแกรมนี้เมื่อทำการติดตั้งเสร็จสิ้นได้แสดงดังรูปที่



รูปที่ 50 หน้าต่างของโปรแกรมคิเนกต์ดีเวลลอปทูลคิท 1.8

## โอเพนเอ็นไอ 2.2 (OpenNI 2.2)

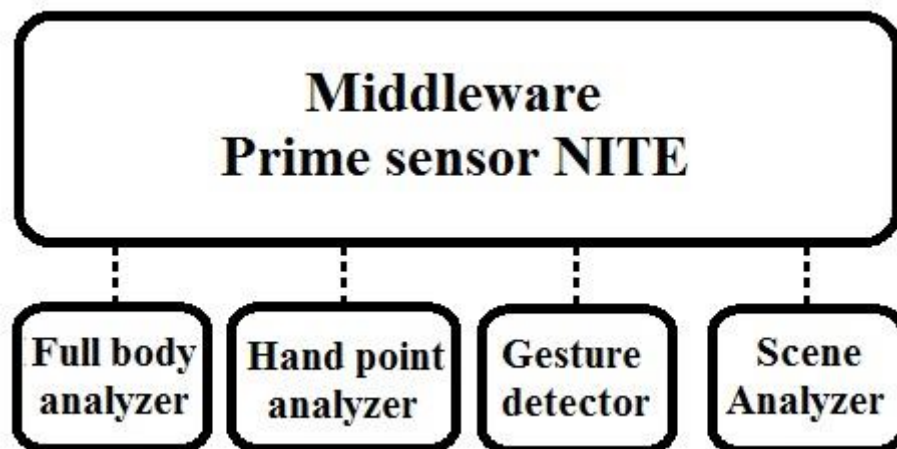
เป็นชุดพัฒนาซอฟต์แวร์ที่เปิดเผย (Open source SDK) ที่ให้ผู้พัฒนาสามารถสร้างคลังมิดเดิลแวร์ (Middleware libraries) และโปรแกรมประยุกต์สำหรับตัวรับรู้สามมิติ ซึ่งเราจะสามารถเชื่อมต่อกับกล้องคิเนกต์เพื่อที่จะสามารถรับข้อมูลภาพได้ในรูปแบบกระแสวิดีโอ (Video stream) จากกล้องถ่ายภาพสีและตัวรับรู้ภาพความลึกได้ สถาปัตยกรรมของโอเพนเอ็นไอได้แสดงดังรูปที่ 51



รูปที่ 51 สถาปัตยกรรมของโอเพนเอ็นไอ

#### ไนท์ 2.0 (Nite 2.0)

เป็นมิดเดิลแวร์ที่พัฒนาจากไพรมเซนเซอร์ซึ่งเป็นตัวรับรู้ภาพสีและภาพความลึกของกล้องคิ-  
เน็กซ์ โดยใช้ร่วมกับโอเพนเอ็นไอ จะสามารถเพิ่มการทำงานต่าง ๆ ได้เช่น ระบบติดตามมือ (Hand  
tracking), ระบบติดตามแบบโครงกระดูก (Skeleton tracking) และการตรวจหาท่าทาง (Gesture  
detector) เป็นต้น ส่วนประกอบของไนท์ได้แสดงดังรูปที่ 52



รูปที่ 52 ส่วนประกอบของไนท์

## โอเพนซีวี (OpenCV)

โปรแกรมนี้เป็นคลังที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมที่ต้องประมวลผลทางภาพ ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ไม่มีข้อจำกัดสำหรับการศึกษารวมไปถึงการพาณิชย์ ภาษาที่รองรับนั้น ได้แก่ ภาษาซี ภาษาซีพลัสพลัส ภาษาจาวา (Java) และภาษาไพธอน (Python) รวมทั้งรองรับกับระบบปฏิบัติการ วินโดวส์ ลินุกซ์ (Linux) แมค โอเอส (Mac OS) ไอโอเอส (iOS) และแอนดรอยด์ (Android)

## ไมโครซอฟท์วิชวลสตูดิโอ (Microsoft Visual Studio)

โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่นิยมสำหรับนักพัฒนาและออกแบบบนพื้นฐานระบบไมโครซอฟท์-วินโดวส์ ได้แก่ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เว็บไซต์ (Web sites) เว็บแอปพลิเคชัน (Web applications) และเว็บเซอร์วิส (Web services) ซึ่งสามารถรองรับได้หลากหลายภาษาโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ภาษาซีพลัสพลัส โดยโปรแกรมนี้สามารถตรวจหาข้อบกพร่อง (Debug) ของโปรแกรมที่ได้ทำการออกแบบได้ ทำให้สะดวกสบายต่อการออกแบบและการทำงานได้เป็นอย่างดี

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายจิรเมธ ว่องพรรณงาม เกิดวันที่ 14 มกราคม พ.ศ. 2533 ที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ได้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ เกียรตินิยมอันดับ 1 ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2554 มีประสบการณ์ทำงานที่ บริษัท แม็กซิม อินทริเกรตเต็ด โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด ในตำแหน่งวิศวกรฝ่ายทดสอบเป็นเวลา 2 ปี และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2557

