

การตรวจหาป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์โดยใช้ช่างงานประสาทเทียมและการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย
ระดับเทาแบบหลายส่วน



นายวิวัฒน์ พัฒนาศรีรัตน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MOTORCYCLE LICENSE PLATE DETECTION USING NEURAL NETWORK AND MULTI-
PART GRAY LEVEL MEAN ANALYSIS



Mr.Wiwat Phatanasrirat

ศูนย์วิทยทรัพยากร

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

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

520624

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การตรวจหาป้ายทะเบียนจักรยานยนต์โดยใช้ช่างาน
ประสาทสัมผัสและการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยระดับเทาแบบหลาย
ส่วน

โดย

นายวิวัฒน์ พัฒนาศรีรัตน์

สาขาวิชา

วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

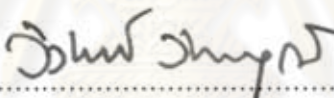
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สืบสกุล พิภพมงคล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารบัณฑิต


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศธีรวงค์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สืบสกุล พิภพมงคล)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ นางลักษณ โควาวิสารัช)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.เดชานูชิต กตัญญูทวีทิพย์)

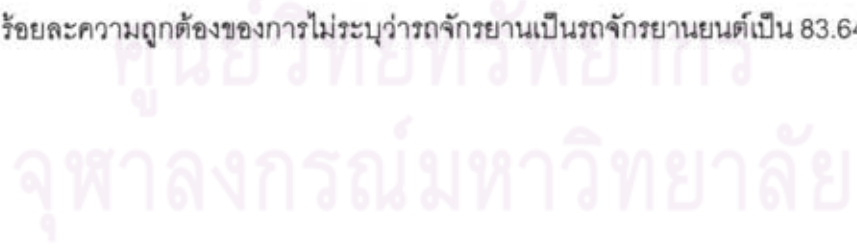
วิวัฒน์ พัฒนาศรีรัตน์ : การตรวจหาป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์โดยใช้ถ่ายภาพประสาท
เทียมและการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยระดับเทาแบบหลายส่วน. (MOTORCYCLE LICENSE
PLATE DETECTION USING NEURAL NETWORK AND MULTI-PART GRAY
LEVEL MEAN ANALYSIS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร.สืบสกุล พิภพมงคล,
192 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้ได้เสนอวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์
จากภาพนิ่งที่ถ่ายจากการจราจรจริง การตรวจหาเริ่มจากการแยกรถจักรยานยนต์ออกจาก
สิ่งแวดล้อม รวมถึงรถยนต์และยานพาหนะอื่นๆก่อน โดยใช้การวิเคราะห์รูปร่างจักรยานยนต์และ
ถ่ายภาพประสาทเทียม เมื่อตรวจหารถจักรยานยนต์ได้แล้ว จึงตรวจหาป้ายทะเบียน
รถจักรยานยนต์ โดยใช้การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยระดับเทาแบบหลายส่วน ซึ่งประกอบด้วยตัวกรอง
แบบหยاب และตัวกรองแบบละเอียด เพื่อหาตำแหน่งที่คาดว่าเป็นป้ายทะเบียน และเพื่อยืนยัน
การเป็นป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ ตามลำดับ

วิธีการเหล่านี้ถูกนำมาทดสอบกับรถจักรยานยนต์ที่ติดแผ่นป้ายทะเบียนและ
รถจักรยานยนต์ที่ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน นอกจากนี้ยังทดสอบ การนำวิธีการตรวจหา
รถจักรยานยนต์ในภาพที่มีรถจักรยานอยู่ จากการทดสอบพบว่า การตรวจหารถจักรยานยนต์ มี
ความถูกต้องร้อยละ 92.90 การตรวจหาป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์มีความถูกต้องร้อยละ
91.49 การตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียนมีความถูกต้องร้อยละ 83.00 และการ
นำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์มาใช้กับภาพที่มีรถจักรยาน
อยู่ ร้อยละความถูกต้องของการไม่ระบุว่ารถจักรยานเป็นรถจักรยานยนต์เป็น 83.64

ภาควิชา.....วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....
ปีการศึกษา...2552

ลายมือชื่อผู้นิสิต.....
ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....



5070454121: MAJOR COMPUTER ENGINEERING

KEYWORDS: MOTORCYCLE / DETECTION / LICENSE PLATE / NEURAL NETWORK

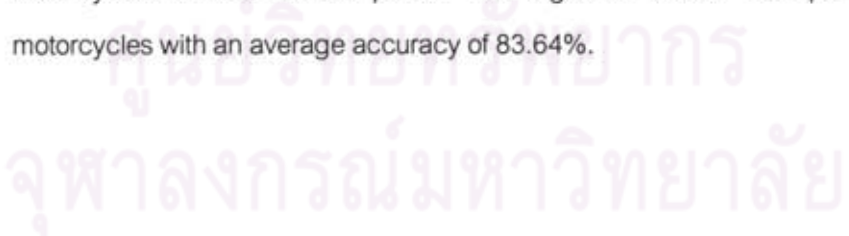
WIWAT PHATANASRIRAT: MOTORCYCLE LICENSE PLATE DETECTION USING NEURAL NETWORK AND MULTI-PART GRAY LEVEL MEAN ANALYSIS. THESIS ADVISOR: SUEBSKUL PHIPHOBMONGKOL PH.D., 192 pp.

This thesis proposed methods for motorcycle and motorcycle license plate detection from real-life traffic images. Motorcycles were separated from other vehicles and backgrounds using motorcycle shape analysis and neural networks. If motorcycles were detected, they would be sent to the license plate detection step. Motorcycle license plates were detected using multi-part gray level mean analysis that consisted of two filters: a rough filter and a thorough filter both of which were used to approximately locate and confirm license plates, respectively.

These methods were tested on both motorcycles with license plates and motorcycles without license plates. In addition, the algorithm was enhanced to reduce false detection of bicycle as motorcycle. The experimental results gave accuracy of 92.90 % for motorcycle detection, 91.49 % for motorcycle license plates, 83.00 % for motorcycles without license plates. The algorithm would not specify bicycles as motorcycles with an average accuracy of 83.64%.

Department : ..Computer.Engineering.....
Field of Study : ..Computer.Engineering....
Academic Year :2009.....

Student's Signature
Advisor's Signature



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ เพราะได้รับการสนับสนุนจาก ผศ.ดร.สืบสกุล พิภพมงคล ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำดีๆ มากมาย

ขอบพระคุณคณาจารย์ผู้ที่เป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ที่ให้คำแนะนำ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์

ขอบพระคุณคณาจารย์ที่สอนในรายวิชาที่ข้าพเจ้าได้เข้าเรียนที่ให้ความรู้ สำหรับใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอบคุณสมาชิกในห้องปฏิบัติการ CGCI ทุกคน ที่ให้คำแนะนำและความเป็นกันเองในระหว่างทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายขอขอบพระคุณบิดา มารดา และพี่ๆ ในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนทั้งด้านการเงินและกำลังใจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	3
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การทำภาพสีให้เป็นระดับเทา	4
2.2 การหาขอบโดยตัวดำเนินการโซเบล.....	4
2.3 การหาค่าเฉลี่ยระดับเทา.....	6
2.4 การทำให้ภาพระดับเทาให้เป็นภาพฐานสอง.....	6
2.5 ชำยงานประสาทเทียม.....	8
2.5.1 เพอร์เซปตรอน (Perceptrons).....	8
2.5.2 ชำยงานหลายชั้นและการแพร่กระจายย้อนกลับ.....	10
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13

บทที่	หน้า
3. แนวคิดและวิธีดำเนินงาน.....	16
3.1 การทำงานของระบบ.....	17
3.1.1 การตรวจหาตำแหน่งของรถจักรยานยนต์.....	18
3.1.2 การตรวจหาตำแหน่งของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์.....	18
3.2 การวิเคราะห์รูปร่างจักรยานยนต์.....	19
3.3 การเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียม.....	21
3.4 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยระดับเทาแบบหลายส่วน.....	22
3.4.1 ตัวกรองแบบหยาบ.....	22
3.4.2 ตัวกรองแบบละเอียด.....	23
3.4.3 ลักษณะเฉพาะของอักขระบนป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์.....	29
4. การทดลองและผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	31
4.1 คุณสมบัติของภาพที่นำมาทดลอง.....	31
4.2 สภาพแวดล้อมในการทดลอง.....	31
4.2.1 ฮาร์ดแวร์.....	31
4.2.2 ซอฟต์แวร์.....	31
4.3 การเตรียมข่ายงานประสาทเทียมและหน้าต่างตรวจหา.....	32
4.4 การจัดการหน้าต่างตรวจหา สำหรับการตรวจหาป้ายทะเบียนของ รถจักรยานยนต์.....	37
4.5 การสอนข่ายงานประสาทเทียมจากตัวอย่างสอน.....	38
4.6 ผลการทดลองของ การตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียน รถจักรยานยนต์.....	39
4.7 ผลการทดลองของ การตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน.....	66
4.8 ผลการทดลองตรวจหารถจักรยานยนต์เมื่อมีรถจักรยานอยู่ในภาพ.....	92
4.9 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	118
4.9.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองของการตรวจหารถจักรยานยนต์.....	118
4.9.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองของการตรวจหาป้ายทะเบียน รถจักรยานยนต์.....	119

บทที่	หน้า
4.9.3 การวิเคราะห์ผลการทดลองของการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ ติดแผ่นป้ายทะเบียน.....	119
4.9.4 การวิเคราะห์ผลการทดลองของการนำวิธีการตรวจหา รถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่....	120
4.10 สรุปผลการทดลอง.....	120
5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	123
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	123
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	124
5.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	125
รายการอ้างอิง.....	126
ภาคผนวก.....	128
ภาคผนวก ก.....	129
ภาคผนวก ข.....	134
ภาคผนวก ค.....	140
ภาคผนวก ง.....	146
ภาคผนวก จ.....	179
ภาคผนวก ฉ.....	186
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	192

สารบัญญัตินำ

ตารางที่		หน้า
4.1	ข้อมูลโดยสรุปทั้งหมดของหน้าต่างตรวจหาและข่า่งงานประสาทเทียมที่จะใช้ ในการทดลอง.....	36
4.2	ขนาดของหน้าต่างตรวจหา รถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	38
4.3	จำนวนตัวอย่างสอนที่ใช้กับข่า่งงานประสาทเทียม สำหรับแต่ละหน้าต่าง ตรวจหา.....	39
4.4	ผลลัพธ์การตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์.....	39
4.5	ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน.....	66
4.6	ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่	92
4.7	ตารางสรุปผลการทดลอง การตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียน รถจักรยานยนต์.....	121
4.8	ตารางสรุปผลการทดลองจากการนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้าย ทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่.....	122
ก-1	การหาค่าอัตราส่วนเฉลี่ยระหว่างความสูงและความกว้างของรถจักรยานยนต์	130
ข-1	ข้อมูลและอัตราส่วนของป้ายทะเบียนและรถจักรยานยนต์.....	135
ค-1	ตัวอย่างสอนที่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 308 ภาพ เพื่อใช้ในการ สอนข่า่งงานประสาทเทียม.....	141
ง-1	ตัวอย่างสอนที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการ สอนข่า่งงานประสาทเทียม.....	147

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	ป้ายกวาดชั้นการไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียนของรถจักรยานยนต์.....	2
2.1	ค่าของหน้ากาก ขนาด 3x3 พิกเซล ของตัวดำเนินการโซเบล ในแนวนอนและแนวตั้ง.....	5
2.2	ผลลัพธ์ต่างๆ จากการใช้ตัวดำเนินการโซเบล.....	6
2.3	ตัวอย่างภาพฐานสอง.....	7
2.4	ตัวอย่างของเพอร์เซปตรอน (Perceptron).....	8
2.5	พื้นผิวการตัดสินใจ (Decision Surface) ที่ถูกแทนด้วยเพอร์เซปตรอน สองอินพุต.....	9
2.6	พื้นที่การตัดสินใจของข่ายงานหลายชั้นแบบป้อนไปหน้า.....	10
2.7	หน่วยขีดแบ่งซิกมอยด์ (Sigmoid Threshold Unit).....	11
3.1	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ที่ใช้อยู่ในประเทศไทย โดยทุกป้ายมีตัวอักษรสีดำ	16
3.2	แผนภูมิสายงานของระบบการทำงานทั้งหมดของการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์.....	17
3.3	ตัวอย่างการใช้หน้าต่างตรวจหา (Detection Window) ในการกราดตรวจภาพฐานสอง เพื่อหาวัตถุที่คาดว่าจะเป็นรถจักรยานยนต์ และตัวอย่างการวิเคราะห์รูปร่างจักรยานยนต์.....	20
3.4	การแบ่งหน้าต่างกราดตรวจออกเป็น 5 ส่วน สำหรับใช้กับตัวกรองแบบหยาบเพื่อหาตำแหน่งที่คาดว่าเป็นป้ายทะเบียน.....	22
3.5	การแบ่งหน้าต่างกราดตรวจของตัวกรองแบบละเอียด เพื่อให้ได้ส่วนสุดท้ายสำหรับนำไปวิเคราะห์เพื่อยืนยันการเป็นป้ายทะเบียน.....	23
3.6	ตัวอย่างการใช้ตัวกรองแบบละเอียด ในการตรวจหาป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์แบบพื้นขาวทั้งป้าย.....	24
3.7	ตัวอย่างการใช้ตัวกรองแบบละเอียด ในการตรวจหาป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์แบบพื้นขาวมีแถบแดงคาดกลาง.....	25
3.8	ตัวอย่างการใช้ตัวกรองแบบละเอียด ในการตรวจหาป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์แบบสีเหลี่ยมผืนผ้า และพื้นขาวทั้งป้าย.....	26

รูปที่		หน้า
3.9	ตัวอย่างผลของตัวกรองแบบละเอียด กรณีที่ไม่ใช่ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	27
3.10	ตัวอย่างผลของตัวกรองแบบละเอียด กรณีที่ไม่ใช่ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์...	28
3.11	ค่าผลลัพธ์จากการลบกันของค่าระดับเทาแต่ละพิกเซลตามลำดับจากล่างขึ้นบนจากบนลงล่างของส่วนที่นำมาวิเคราะห์ของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์....	30
4.1	ข่ายงานประสาทเทียมที่ใช้สำหรับตรวจหารถจักรยานยนต์.....	32
4.2	หน่วยขีดแบ่งซิกมอยด์แบบสองขั้วของข่ายงานประสาทเทียมสำหรับตรวจหารถจักรยานยนต์.....	33
4.3	ภาพตัวอย่างรถจักรยานยนต์ที่มีความสูงต่ำสุดและสูงสุด.....	34
๑-1	หน้าต่าง ส่วนต่อประสาน (Interface) ของส่วนตัวตรวจหา.....	180
๑-2	หน้าต่าง ส่วนต่อประสาน ของส่วนตัวสอน.....	180
๑-3	กลุ่มควบคุมในส่วนตัวตรวจหา ชุดที่ 1.....	181
๑-4	กลุ่มควบคุมในส่วนตัวตรวจหา ชุดที่ 2.....	181
๑-5	กลุ่มควบคุมในส่วนตัวตรวจหา ชุดที่ 3.....	182
๑-6	กลุ่มผลลัพธ์สำหรับแสดงภาพแต่ละขั้นในการตรวจหา และภาพผลลัพธ์สุดท้าย	183
๑-7	กลุ่มการเรียนรู้ ใช้สำหรับสอนข่ายงานประสาทเทียม.....	183
๑-8	กลุ่มการแยกพีเจอร์.....	184
๑-9	กลุ่มฐานข้อมูล ใช้สำหรับเรียกเพิ่มข้อมูลของพีเจอร์.....	185

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

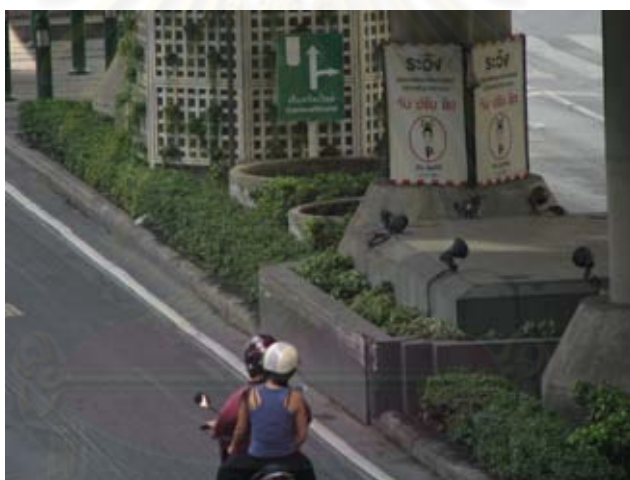
รถจักรยานยนต์ได้ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางในระบบการขนส่งของหลายๆ ประเทศ ข้อดีของรถจักรยานยนต์ที่ได้เปรียบยานพาหนะอย่างอื่นคือ มีราคาถูก ค่าบำรุงรักษาต่ำ และสามารถใช้งานได้ดีกับสภาพการจราจรที่หลากหลาย แม้การจราจรที่ติดขัดก็ตาม ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้ปริมาณรถจักรยานยนต์ตามท้องถนนมีเป็นจำนวนมาก เมื่อใดก็ตามที่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น จึงเกิดความยากลำบากต่อเจ้าหน้าที่ตำรวจ ในการบันทึกหมายเลขทะเบียนของรถจักรยานยนต์เมื่อมีอุบัติเหตุ อาชญากรรม หรือมีการฝ่าฝืนกฎจราจรเกิดขึ้น อีกปัญหาหนึ่งคือการไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียนของรถจักรยานยนต์ ซึ่งนอกจากจะเป็นการฝ่าฝืนกฎหมายแล้ว ยังเป็นช่องทางการกระทำความผิดของอาชญากรด้วย ทำให้เจ้าหน้าที่ตำรวจต้องเข้มงวดเป็นพิเศษ ในบางพื้นที่ ดังตัวอย่างในรูปที่ 1.1 ซึ่งแสดงให้เห็นป้ายกวดขันการไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน

ทางออกทางหนึ่งในการแก้ปัญหาข้างต้นคือการใช้ระบบอัตโนมัติที่สามารถตรวจหาป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ และรถจักรยานยนต์ที่ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียนได้ โดยระบบอัตโนมัติจะเริ่มจากการตรวจหารถจักรยานยนต์ที่วิ่งผ่านกล้องตรวจจับ แล้วจึงตรวจหาตำแหน่งของป้ายทะเบียน และรู้จำหมายเลขทะเบียน หรือเพื่อตรวจสอบว่ารถจักรยานยนต์ติดแผ่นป้ายทะเบียนหรือไม่ ถ้าพบว่าไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน ระบบก็จะส่งสัญญาณให้กล้องที่อยู่ในตำแหน่งถัดไป ถ่ายภาพด้านหน้าของรถจักรยานยนต์นั้น หรือแจ้งต่อเจ้าหน้าที่ตำรวจที่อยู่ในเส้นทางที่รถจักรยานยนต์คันนั้นจะผ่าน ให้ดำเนินการจับกุมต่อไป

งานวิจัยนี้จึงได้เสนอวิธีการสำหรับตรวจหา รถจักรยานยนต์ ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์และยังสามารถระบุว่ารถจักรยานยนต์คันใดไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียนได้อีกด้วย วิธีการนี้จะถูกทดสอบกับรถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนที่มีใช้ในประเทศไทย



(ก)



(ข)

รูปที่ 1.1 ป้ายกวดขันการไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียนของรถจักรยานยนต์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการเสนอวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และแผ่นป้ายทะเบียนของรถจักรยานยนต์ โดยสามารถบอกถึงรถจักรยานยนต์ที่ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียนได้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. รู้จำเพื่อที่จะระบุการมีอยู่ของรถจักรยานยนต์ และตำแหน่งของป้ายทะเบียนของภาพเท่านั้น ไม่มีการรู้จำตัวอักษรบนป้ายทะเบียน

2. ทดสอบกับป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ที่มีใช้ในประเทศไทย
3. ภาพรถจักรยานยนต์ เป็นภาพถ่ายด้านหลัง
4. ทดสอบในเวลากลางวันที่มีแสงสว่างเพียงพอ สำหรับการถ่ายภาพได้ชัดเจน
5. ไม่รวมในกรณีภาพรถจักรยานยนต์และยานพาหนะคันอื่นซ้อนทับกัน หรือรถจักรยานยนต์ปรากฏไม่เต็มทั้งคัน
6. ทดสอบกับภาพที่ได้จากกล้องถ่ายภาพนิ่ง ซึ่งถ่ายจากความสูงประมาณ 6-7 เมตร จากผิวถนน
7. ยานพาหนะที่เกิดจากการนำจักรยานยนต์ไปพ่วงต่อ จนทำให้มีล้อมากกว่าสองล้อ ไม่ถือว่าเป็นรถจักรยานยนต์ในงานวิจัยนี้

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา ซึ่งเกี่ยวข้องกับ การตรวจหายานยนต์และป้ายทะเบียนของประเทศไทย
2. ศึกษาข้อมูลลักษณะ และรายละเอียดของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์จริงของประเทศไทย
3. ออกแบบอัลกอริทึมเบื้องต้น ที่จะใช้ในการพัฒนาโปรแกรม
4. ทดสอบการทำงานเบื้องต้นของโปรแกรม เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์หาจุดบกพร่อง และปรับปรุงแก้ไข
5. ทดสอบการทำงานของโปรแกรมจริงและนำข้อมูลมาสรุปผล เพื่อจัดทำวิทยานิพนธ์ต่อไป

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ ได้นำเอา ทฤษฎีจากการประมวลผลภาพดิจิทัล และทฤษฎีการเรียนรู้ของเครื่องมาใช้ ซึ่งได้แยกอธิบายเป็นข้อๆ ดังต่อไปนี้

2.1 การทำภาพสีให้เป็นระดับเทา (Converting Color Image into Gray-Level Image) [1]

ภาพที่ถูกแทนในแบบจำลองสี RGB แบ่งเป็น 3 ส่วนประกอบ คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยในภาพ 8 บิต แต่ละสีจะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255 ถ้าหากต้องการแปลงภาพสีให้เป็นภาพระดับเทา สามารถทำได้โดยการดึงค่าสีแดง ร้อยละ 29.9 สีเขียว ร้อยละ 58.7 และสีน้ำเงิน ร้อยละ 11.4 มารวมกัน ซึ่งผลรวมที่ได้ก็คือค่าระดับเทา ตัวอย่างเช่น พิกเซลในภาพสีภาพหนึ่งมีค่า สีแดงเป็น 120 สีเขียวเป็น 200 และสีน้ำเงินเป็น 140 การแปลงพิกเซลนี้ให้เป็นระดับเทา ทำได้ดังนี้

ค่าของสีแดง ถูกดึงมาร้อยละ 29.9 จะได้ 120×0.299 เท่ากับ 35.88

ค่าของสีเขียว ถูกดึงมาร้อยละ 58.7 จะได้ 200×0.587 เท่ากับ 117.40

ค่าของสีน้ำเงิน ถูกดึงมาร้อยละ 11.4 จะได้ 140×0.114 เท่ากับ 15.96

เมื่อนำค่าทั้งหมดมารวมกัน $35.88 + 117.40 + 15.96 = 169.24$ แต่เนื่องจากค่าระดับเทาเป็นค่าจำนวนเต็ม ดังนั้น จะได้ค่าระดับเทาเป็นของพิกเซลนี้เป็น 169 เมื่อใช้วิธีการนี้กับทุกพิกเซลในภาพ ภาพสีก็จะถูกแปลงเป็นภาพระดับเทา ข้อสังเกตเพิ่มเติม ถ้าหากภาพสีมีพิกเซลสีขาวอยู่ในภาพ ซึ่งมีค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินเป็น 255 เท่ากัน สามารถแปลงเป็นระดับเทาได้เป็น $255 \times 0.299 + 255 \times 0.587 + 255 \times 0.114 = 255$ ซึ่งก็จะเป็นสีขาวเช่นเดิม พิกเซลสีดำก็เป็นในลักษณะเดียวกัน นั่นคือ ค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินเป็น 0 เท่ากัน เมื่อแปลงเป็นระดับเทาจะได้ $0 \times 0.299 + 0 \times 0.587 + 0 \times 0.114 = 0$ ซึ่งจะได้เป็นสีดำเช่นเดิม

2.2 การหาขอบโดยตัวดำเนินการโซเบล (Sobel Edge Detection) [1]

การหาขอบโดยใช้ตัวดำเนินการโซเบลเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้หาขอบของวัตถุในภาพ สามารถทำได้โดยการใช้น้ำกาก (Mask) ขนาด 3×3 พิกเซล ทำคอนโวลูชัน (Convolution) กับภาพในทิศทางแกน x และแกน y ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ และไม่ซับซ้อนในการใช้งาน สามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 (ก) และ (ข)

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}$$

(ก) ในทิศทางแนวนอน

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

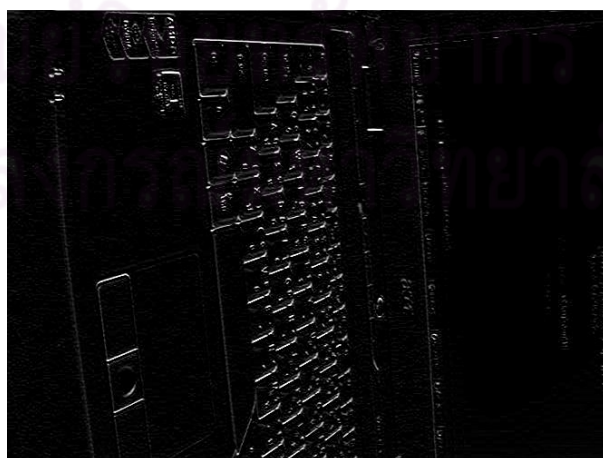
(ข) ในทิศทางแนวตั้ง

รูปที่ 2.1 ค่าของหน้ากาก ขนาด 3x3 พิกเซล ของตัวดำเนินการโซเบล ในแนวนอนและแนวตั้ง

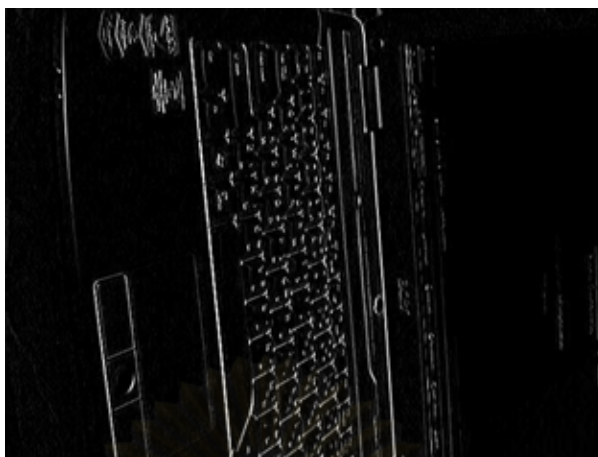
ผลลัพธ์จากการใช้ตัวดำเนินการโซเบลในรูปที่ 2.1 จะได้ภาพที่เป็นขอบแนวนอน และขอบแนวตั้ง ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.2



(ก) รูปตัวอย่างต้นฉบับ ที่เป็นภาพระดับเทา



(ข) ผลลัพธ์จากการใช้ตัวดำเนินการโซเบลแนวนอน



(ค) ผลลัพธ์จากการใช้ตัวดำเนินการโซเบลแนวตั้ง
รูปที่ 2.2 ผลลัพธ์ต่างๆ จากการใช้ตัวดำเนินการโซเบล

2.3 การหาค่าเฉลี่ยระดับเทา (Averaging Gray Level) [1]

การหาค่าเฉลี่ยระดับเทา เป็นการนำเอาหลักสถิติมาอธิบายลายผิว (Texture) ในพื้นที่ใดๆ ของภาพที่เป็นระดับเทา โดยให้ r เป็นตัวแปรสุ่ม (Random Variable) ซึ่งแทนระดับเทา, ให้ $p(r_i)$ เป็นความน่าจะเป็น (Probability) ของการเกิดขึ้นของระดับเทา r_i และ $i = 0, 1, 2, \dots, L-1$ แทนค่าของระดับเทา ดังนั้น จะได้โมเมนต์ที่ n^{th} ของ r รอบค่าเฉลี่ยเป็น ดังนี้

$$\mu_n(r) = \sum_{i=0}^{L-1} (r_i - m)^n p(r_i) \quad (2.1)$$

ที่ซึ่ง m ก็คือค่าเฉลี่ยของ r หรือก็คือ ค่าเฉลี่ยระดับเทานั้นเอง นิยามได้เป็น

$$m = \sum_{i=0}^{L-1} r_i p(r_i) \quad (2.2)$$

2.4 การแปลงภาพระดับเทาให้เป็นภาพฐานสอง (Converting Gray Level Image into Binary Image) [1]

สมมุติให้ภาพระดับเทาภาพหนึ่ง มีการแทนค่าระดับเทาแต่ละจุดพิกเซลด้วย $f(x, y)$ โดยภาพนี้จะมีวัตถุที่มีความสว่าง และพื้นหลังที่มืดกว่า ในการที่จะแยกวัตถุดังกล่าวออกจากฉากหลังได้นั้น วิธีหนึ่งคือ การกำหนดค่าขีดแบ่ง (Threshold) มาค่าหนึ่ง เขียนแทนด้วย T ในการทำภาพให้เป็นภาพฐานสองนั้น จะกำหนดให้จุดใดๆ ในภาพ (x, y) ที่มีค่า $f(x, y) > T$ เป็นจุดของวัตถุ ส่วนอื่นที่ไม่ใช่ตามเงื่อนไข เป็นจุดของพื้นหลัง ดังนั้นสามารถนิยามภาพฐานสอง $g(x, y)$ ได้ดังนี้

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x,y) > T \\ 0 & \text{if } f(x,y) \leq T \end{cases} \quad (2.3)$$

$g(x,y)$ ที่ให้ค่าเป็น 1 เป็นพิกเซลในตำแหน่งบนวัตถุ ส่วนที่ให้ค่าเป็น 0 เป็นพิกเซลในตำแหน่งบนพื้นหลัง ค่า 1 และ 0 นี้ ในทางปฏิบัติ อาจจะถูกกำหนดให้เป็นค่าระดับเทาได้ กล่าวคือให้เป็น 255 และ 0 ตามลำดับ จะทำให้ได้ภาพที่เป็นภาพฐานสอง (Binary Image) ที่มีเพียงสีขาวกับดำได้ สำหรับตัวอย่างภาพฐานสอง แสดงดังรูปที่ 2.3



(ก) ตัวอย่างของภาพระดับเทาก่อนการทำให้เป็นภาพฐานสอง



(ข) ตัวอย่างหลังภาพระดับถูกทำให้เป็นภาพฐานสอง

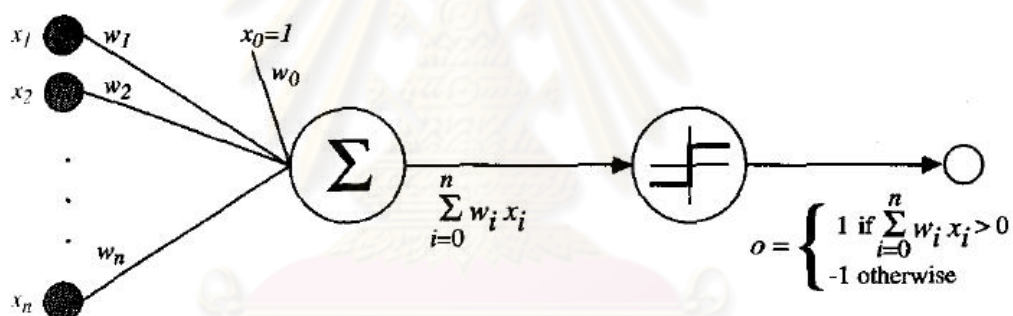
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างภาพฐานสอง

2.5 ข่ายงานประสาทเทียม (Artificial Neural Network) [2]

เพื่อให้สามารถอธิบายได้ง่ายขึ้น จะเริ่มอธิบายจากหน่วยย่อยแบบง่ายที่สุดของ ข่ายงานประสาทเทียมคือ เพอร์เซปตรอน และข่ายงานแบบเดี่ยวๆ ต่อไปจึงจะอธิบาย ข่ายงาน แบบหลายชั้น การเรียนรู้โดยใช้การแพร่กระจายย้อนกลับ และฟังก์ชันแบบซิกมอยด์ ซึ่งได้ถูกใช้ใน งานวิจัยนี้

2.5.1 เพอร์เซปตรอน (Perceptrons)

หน่วยย่อยแบบง่ายที่สุดของข่ายงานประสาทเทียม เรียกว่า เพอร์เซปตรอน ดัง แสดงในรูปที่ 2.4 โดยเพอร์เซปตรอนนี้ จะมีการรับเวกเตอร์ของอินพุตที่เป็นค่าจำนวนจริง และถ้า ผลลัพธ์มากกว่าค่าขีดแบ่ง จะให้เอาท์พุต เป็น 1 แต่ถ้าผลลัพธ์ต่างไปจากนี้ จะให้เอาท์พุตเป็น -1



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างของเพอร์เซปตรอน (Perceptron) [2]

ถ้ากำหนดให้ อินพุต แทนด้วย x_1 ถึง x_n และให้เอาท์พุต แทนด้วย $o(x_1, \dots, x_n)$ ซึ่งสามารถคำนวณด้วยเพอร์เซปตรอน เป็น

$$o(x_1, \dots, x_n) = \begin{cases} 1 & \text{if } w_0 + w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n > 0 \\ -1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.4)$$

ที่ซึ่ง แต่ละ w_i แทน ค่าคงที่จำนวนจริง หรือ น้ำหนัก (Weight) ที่นำมาคำนวณกับอินพุต x_i เพื่อที่หาเอาท์พุตของเพอร์เซปตรอน ซึ่งจะสังเกตว่า $-w_0$ เป็นค่าขีดแบ่ง ที่ผลรวมเชิงเส้นแบบ ถ่วงน้ำหนักของอินพุต $w_1 x_1 + \dots + w_n x_n$ ต้องมากกว่าเพื่อที่จะทำให้อเอาท์พุตเป็น 1

เพื่อให้ชัดเจนขึ้น จะแทนค่าอินพุตคงที่ $x_0 = 1$ ทำให้สามารถเขียนสมการด้านบนได้เป็น $\sum_{i=0}^n w_i x_i > 0$ หรือในรูปเวกเตอร์จะได้เป็น $\vec{w} \cdot \vec{x} > 0$ เพื่อความกระชับ จะเขียนฟังก์ชันเพอร์เซปตรอนได้เป็น

$$o(\vec{x}) = \text{sgn}(\vec{w} \cdot \vec{x}) \quad (2.5)$$

ที่ซึ่ง

$$\text{sgn}(y) = \begin{cases} 1 & \text{if } y > 0 \\ -1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.6)$$

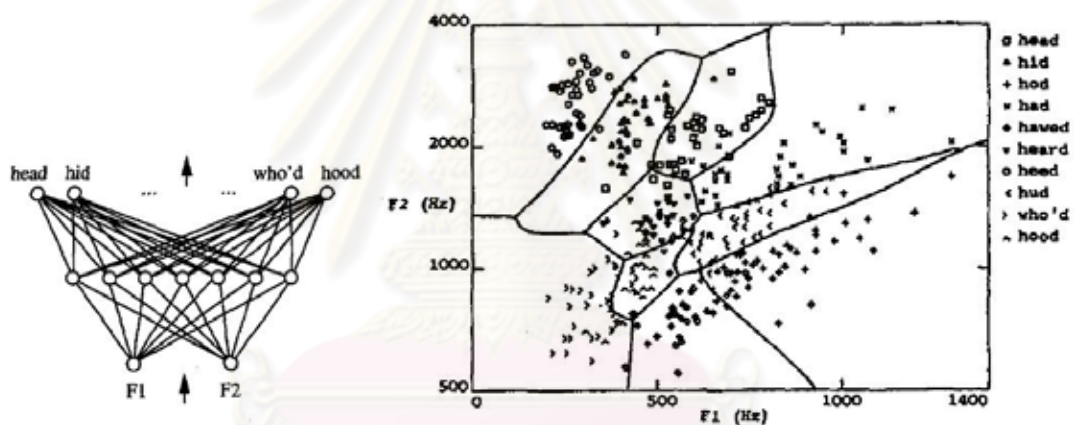
เพอร์เซปตรอนสามารถถูกมองเป็นการแทนระนาบการตัดสินใจแบบหลายมิติ (Hyperplane Decision Surface) ในปริภูมิ n มิติ (n - dimensional) ของกรณีตัวอย่าง โดยเพอร์เซปตรอนจะให้ค่าเอาต์พุต 1 สำหรับ กรณีตัวอย่างวางอยู่บนด้านหนึ่งของระนาบหลายมิติ และให้ค่าเอาต์พุต -1 สำหรับ กรณีตัวอย่างวางอยู่บนด้านอื่นของระนาบหลายมิติ ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 พื้นผิวการตัดสินใจ (Decision Surface) ที่ถูกแทนด้วยเพอร์เซปตรอน สองอินพุต (ก) เซตของตัวอย่างสอน และผิวการตัดสินใจของเพอร์เซปตรอน ที่จำแนกได้อย่างถูกต้อง (ข) เซตของตัวอย่างสอนที่ไม่สามารถแยกเชิงเส้นได้ ซึ่งก็คือไม่สามารถจำแนกโดยใช้เส้นตรงได้ สำหรับ x_1 และ x_2 เป็นอินพุตของเพอร์เซปตรอน และตัวอย่างบวกถูกแทน “+” ตัวอย่างลบถูกแทน “-” [2]

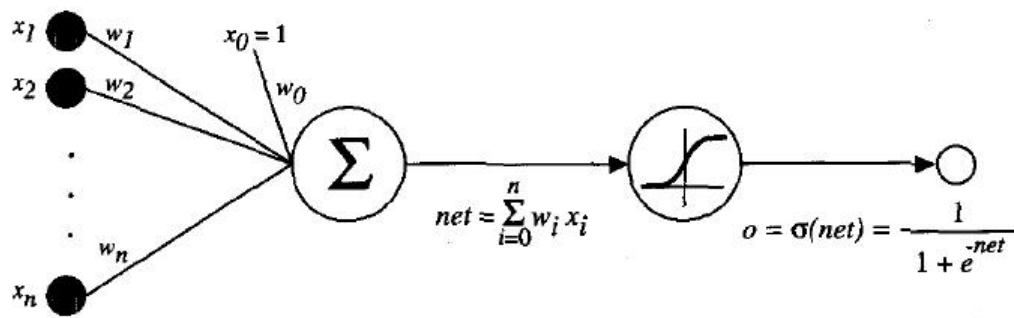
2.5.2 ข่ายงานหลายชั้นและการแพร่กระจายย้อนกลับ

เพอร์เซปตรอนเดี่ยวๆ สามารถแสดงถึงระนาบการตัดสินใจเชิงเส้น (Linear Decision Surface) ได้เท่านั้น ในทางตรงกันข้าม ข่ายงานหลายชั้น (Multilayer Networks) ที่เรียนรู้โดยใช้อัลกอริทึมแบบการแพร่กระจายย้อนกลับ (Backpropagation Algorithm) สามารถแสดงถึงผิวตัดสินใจแบบไม่เชิงเส้น (Non-Linear Decision Surface) ได้ ตัวอย่างเช่น ข่ายงานหลายชั้น และผิวตัดสินใจชุดหนึ่ง ซึ่งมีหน้าที่สำหรับการรู้จำเสียงพูด รวมทั้งการแยกเสียงที่เป็นไปได้จำนวน 10 เสียงสระ ที่อยู่ในรูป “h_d” เช่น “hid,” “had,” “head,” “hood,” เป็นต้น สัญญาณอินพุตถูกแทนด้วยพารามิเตอร์ สองจำนวน ที่ได้มาจากการวิเคราะห์เชิงสเปกตรัมของเสียง ทำให้สามารถมองผิวตัดสินใจให้เป็นปริภูมิกรณีตัวอย่าง 2 มิติ ดังแสดงในรูป 2.6



รูปที่ 2.6 พื้นที่การตัดสินใจของข่ายงานหลายชั้นแบบป้อนไปหน้า ข่ายงานนี้ถูก สอนเพื่อให้สามารถรู้จำเสียงสระ และตัดสินใจเลือกเสียงใดเสียงหนึ่งใน 10 เสียง ที่อยู่ในรูป “h_d” (เช่น “had,” “hid” เป็นต้น) โดยมีอินพุต 2 พารามิเตอร์ คือ F1 และ F2 ที่ได้จากการวิเคราะห์สเปกตรัมเสียง สำหรับข่ายงานเอาท์พุตทั้ง 10 นั้น ก็คือ 10 เสียงสระที่เป็นได้ [2]

สิ่งที่ต้องการคือหน่วยย่อยของข่ายงาน (Unit) ที่ให้เอาท์พุตที่เป็นฟังก์ชันแบบไม่เชิงเส้น แต่เป็นฟังก์ชันที่หาอนุพันธ์ได้ (Differentiable Function) ด้วย ทางออกหนึ่งคือ การใช้หน่วยซิกมอยด์ (Sigmoid Unit) ซึ่งมีลักษณะเหมือนเพอร์เซปตรอน แต่จะมีลักษณะปรับเรียบและเป็นฟังก์ชันแบบขีดแบ่งที่หาอนุพันธ์ได้ (Differentiable Threshold Function) ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 หน่วยขีดแบ่งซิกมอยด์ (Sigmoid Threshold Unit) [2]

หน่วยซิกมอยด์จะคำนวณการรวมกันเชิงเส้นของอินพุต หลังจากนั้น จะหาค่าขีดแบ่งเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ต่อไป อย่างไรก็ตาม เอ้าท์พุตที่เป็นค่าขีดแบ่งนั้น จะเป็นฟังก์ชันต่อเนื่องของอินพุต หรือพุตอีกอย่างคือ หน่วยซิกมอยด์คำนวณเอ้าท์พุต o ได้เป็น

$$o = \sigma(\vec{w} \cdot \vec{x}) \quad (2.7)$$

โดยที่

$$\sigma(y) = \frac{1}{1 + e^{-y}} \quad (2.8)$$

σ คือ ฟังก์ชัน ซิกมอยด์ หรือ ฟังก์ชัน ลอจิสติก เอ้าท์พุตจะอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ขึ้นกับอินพุต

2.5.3 อัลกอริทึมการแพร่กระจายย้อนกลับ (Backpropagation Algorithm)

อัลกอริทึมนี้ เรียนรู้ค่าเวกเตอร์น้ำหนัก สำหรับข่ายงานป้อนไปหน้าแบบหลายชั้น โดยใช้ การเคลื่อนลงตามความชัน เพื่อให้ได้ ค่าต่ำสุดของความผิดพลาดระหว่างค่าเอ้าท์พุตของข่ายงานและค่าเป้าหมายของเอ้าท์พุตเหล่านั้น ต่อไปจะนิยาม E ที่รวมค่าความผิดพลาดทั้งหมดของหน่วยเอ้าท์พุตของข่ายงาน

$$E(\vec{w}) \equiv \frac{1}{2} \sum_{d \in D} \sum_{k \in \text{outputs}} (t_{kd} - o_{kd})^2 \quad (2.9)$$

โดยที่ *outputs* คือเซตของหน่วยเอ้าท์พุตในข่ายงาน, t_{kd} และ o_{kd} เป็นค่าเอ้าท์พุตเป้าหมายและค่าเอ้าท์พุตที่ได้จากข่ายงาน ตามลำดับ ของหน่วยเอ้าท์พุตที่ k_{th} และตัวอย่างสอนที่ d

ในกรณีข่ายงานเดียวนั้น การใช้การเคลื่อนลงตามความชันสามารถถูกใช้เพื่อที่จะหาค่าเวกเตอร์น้ำหนักที่ให้ค่าความผิดพลาด E ต่ำสุด แต่ในกรณีของข่ายงานแบบหลายชั้น จะได้พื้นผิวความผิดพลาดต่ำสุดหลายค่า นั้นหมายความว่า การเคลื่อนลงตามความชันจะให้ผลลัพธ์ที่เข้าใกล้ค่าต่ำสุดเฉพาะที่ เท่านั้น แต่ในทางปฏิบัติ การแพร่กระจายย้อนกลับจะให้

ผลลัพธ์ที่ดีในหลายๆ การประยุกต์ใช้งานจริง อัลกอริทึมการแพร่กระจายย้อนกลับ แสดงดังต่อไปนี้ [2]

BACKPROPAGATION (training_examples, $\eta, n_{in}, n_{out}, n_{hidden}$

Each training example is a pair of the form $\{\vec{X}, \vec{t}\}$, where \vec{X} is the vector of network input values, and \vec{t} is the vector of target network output values.

η is the learning rate (e.g., .05), n_{in} is the number of network inputs, n_{hidden} the number of units in the hidden layer, and n_{out} the number of output units.

The input from unit i into unit j is denoted X_{ji} , and the weight from unit i to unit j is denoted W_{ji} .

- Create a feed-forward network with n_{in} inputs, n_{hidden} hidden units, and n_{out} output units.
- Initialize all network weights to small random numbers (e.g., between -.05 and .05).
- Until the termination condition is met, Do

For each $\{\vec{X}, \vec{t}\}$ in training_examples, Do

Propagate the input forward through the network:

1. Input the instance \vec{X} to the network and compute the output O_u of every unit u in the network.

Propagate the errors backward through the network:

2. For each network output unit k , calculate its error term δ_k

$$\delta_k \leftarrow o_k (1 - o_k) (t_k - o_k) \quad (2.10)$$

3. For each hidden unit h , calculate its error term δ_h

$$\delta_h \leftarrow o_h (1 - o_h) \sum_{k \in \text{outputs}} w_{kh} \delta_k \quad (2.11)$$

4. Update each network weight w_{ji}

$$w_{ji} \leftarrow w_{ji} + \Delta w_{ji} \quad (2.12)$$

where

$$\Delta w_{ji} = \eta \delta_j x_{ji} \quad (2.13)$$

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีงานวิจัยหลายงานได้นำเสนอวิธีการตรวจหาป้ายทะเบียนยานพาหนะ แต่ส่วนใหญ่จะเป็นของรถยนต์ ส่วนที่เป็นของรถจักรยานยนต์ ก็จะเป็นการหาป้ายทะเบียนของยานพาหนะทุกชนิดที่รับเข้าระบบ โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีดังต่อไปนี้

Hsi-Jian Lee, Si-Yuan Chen และ Shen-Zheng Wang เสนองานวิจัยเรื่อง “Extraction and Recognition of License Plates of Motorcycles and Vehicles on Highways” [3] โดยได้ออกแบบวิธีการแยกยานพาหนะทั้งจักรยานยนต์ รถยนต์ และวัตถุต่างๆที่เคลื่อนที่บนถนน โดยการกำจัดส่วนที่มี ความแตกต่างของความเข้มต่ำ (Low-contrast blocks) และส่วนที่หยุดนิ่ง (Stationary blocks) ออกไป ให้เหลือแต่ส่วนที่มีการเคลื่อนที่ (Moving blocks) ซึ่งจะนำมาวิเคราะห์เพื่อหาตำแหน่งและรู้จำป้ายทะเบียนต่อไป อย่างไรก็ตามถ้าหากป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์และยานพาหนะอื่นมีรูปร่างและขนาดเหมือนกัน และมีความต้องการวิเคราะห์เฉพาะป้ายทะเบียนของรถจักรยานยนต์เท่านั้น วิธีการดังกล่าวจะไม่สามารถทำได้ หรือถ้ารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียนระบบก็ไม่สามารถบอกได้

Chung-Cheng Chiu, Min-Yu Ku และ Hung-Tsung Chen เสนองานวิจัยเรื่อง “Motorcycle Detection and Tracking System with Occlusion Segmentation” [4] เป็นงานวิจัยที่เน้นถึงเรื่องการตรวจหา และตามรอยรถจักรยานยนต์ ในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น โดยการหาความยาวของแนวการมอง (visual length) ความกว้างของแนวการมอง (visual wide) และอัตราส่วนของพิกเซล (Pixel Ratio) ในการแบ่งคลาสต่างๆ ของภาพที่จับได้ และมีการใช้วิธีตรวจหาหมวกนิรภัย (helmet detection) เพื่อตรวจสอบว่าเป็นรถจักรยานยนต์หรือไม่ อย่างไรก็ตาม ไม่มีการตรวจหาป้ายทะเบียน และการใช้วิธีตรวจหาหมวกนิรภัย ถ้ามีวัตถุที่มีลักษณะคล้ายหมวกนิรภัย ก็อาจเกิดความผิดพลาดได้

Anshul Goyal และ Brijesh Verma เสนองานวิจัยเรื่อง “A Neural Network based Approach for the Vehicle Classification” [5] เป็นการใช้อย่างงานประสาทเทียมในการแยกประเภทยานพาหนะ พีเจอร์จะถูกแยกจากมุมหลายๆมุมของยานพาหนะและรวมเอารูปร่างขนาด ความสูง มาเป็นพีเจอร์ด้วย งานวิจัยนี้ไม่นำรถจักรยานยนต์มารวมในการทดสอบ และจากวิธีการแยกพีเจอร์ ไม่เหมาะกับการนำมาใช้กับรถจักรยานยนต์อีกด้วย เพราะยากลำบากในการใช้งานจริง เนื่องจากต้องแยกพีเจอร์โดยใช้กล่องหลายตัว ติดตั้งในหลายตำแหน่ง และถ้าผู้ขับขี่สวมเสื้อผ้าหรือมีลักษณะรถที่มีแตกต่างกัน ก็จะทำให้เกิดความผิดพลาดได้

งานวิจัยของ Jen-Chao Tai และ Kai-Tai Song ที่เสนองานวิจัยเรื่อง “Automatic Contour Initialization for Image Tracking of Multi-Lane Vehicles and Motorcycles” [6] เป็นงานวิจัยที่นำเสนอการออกแบบระบบอัตโนมัติในการหาเส้นรอบขอบเริ่ม (Contour Initialization) เพื่อหาตำแหน่งและตามรอยรถยนต์ และรถจักรยานยนต์ โดยใช้หน้าต่างตรวจหา (Detection Window) ที่ประกอบด้วย บริเวณเริ่มต้น (Initialization Region) และบริเวณตรวจหา (Detection Region) รวมทั้งสามารถหาความเร็วและจำนวนของยานพาหนะด้วย อย่างไรก็ตาม ไม่มีการนำเสนอการตรวจหาป้ายทะเบียน

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอีกหลายๆ งานที่เกี่ยวกับการตรวจหายานพาหนะ โดยส่วนใหญ่จะเป็นการตรวจหารถยนต์ การหาตำแหน่งและการรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์ เช่น งานวิจัยของ Qiang Wu และคณะ [7] ได้นำเอาโครงสร้างตัวเรียนรูแบบต้นไม้ต่อเรียง (Cascaded Tree-Learner Structure) เพื่อตรวจหาป้ายทะเบียนรถยนต์ โดยใช้ลักษณะวัตถุแบบลูกผสม (Hybrid Object Feature) ลักษณะทางสถิติแบบง่าย (Simple Statistical Feature) และลักษณะฮาร์-ไลค์ (Harr-like Feature) วิธีการดังกล่าว ค่อนข้างยุ่งยากจึงเปลืองทรัพยากรในการประมวลผล ทำให้ไม่เหมาะกับการประมวลผลกับรถยนต์หลายๆคันในเวลาเดียวกัน

งานวิจัยของ T. Sirithinaphong และ K. Chamnongthai [8] , R. Parisi, E.D.Di Claudio, G. Lucarelli และ G.Orlandi [9] ได้นำรายงานประสาทเทียม มาใช้สำหรับการรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์ และงานวิจัยของ K. K. Kim และคณะ [10] ที่ได้นำเอารายงานประสาทเทียมมาใช้ในการตรวจหาป้ายทะเบียนรถยนต์ และใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนในการรู้จำตัวอักษรบนป้ายทะเบียน งานวิจัยเหล่านี้ ใช้ได้ดีกับรถยนต์ และต้องเป็นภาพที่มีมุมมองของรถยนต์เพียงคันเดียว แต่ถ้าภาพบนถนนที่มีการจราจรจริง ที่มียานพาหนะหลายๆชนิด ก็จะเป็นการยากลำบากในการตรวจหาและรู้จำป้ายทะเบียน โดยรายงานประสาทเทียม

งานวิจัยของ P. Rattanathamawat และ T. H. Chalidabhongse [11] ได้นำเสนอเทคนิคในการตรวจหาป้ายทะเบียนรถยนต์บนพื้นฐานของการหาขอบ โดยใช้แนวคิดที่ว่า เมื่อหาขอบของท้ายรถยนต์ จะพบว่าขอบบริเวณที่เป็นป้ายทะเบียนจะมีความแปรปรวนมากกว่าบริเวณตัวถังโดยรอบ แนวคิดดังกล่าวไม่เหมาะกับการนำมาใช้กับรถจักรยานยนต์ เพราะรถจักรยานยนต์ไม่มีตัวถังที่ให้ค่าความแปรปรวนน้อยเหมือนกับรถยนต์ และยังมีบริเวณหลังของคนขับอีกที่จะทำให้การประมวลผลผิดพลาด

Takeo Kato, Yoshiki Ninomiya และ Ichiro Masaki เสนองานวิจัยเรื่อง “Preceding Vehicle Recognition Based on Learning From Sample Images” [12] เป็นงานวิจัยที่แยกยานพาหนะได้หลายชนิดรวมทั้งรถจักรยานยนต์ด้วย โดยใช้ตัวอย่างสอนที่เป็นยานพาหนะและไม่ใช่อยานพาหนะ มาสอนให้กับตัวจำแนกที่เรียกว่า MC-MQDF (Multiclustered modified quadratic discriminant function) สำหรับการแยกพีเจอร์จะใช้วิธีการบรรทัดฐาน (Normalize) เพื่อลดความละเอียดของภาพ แล้วจึงนำไปเป็นข้อมูลในการเรียนรู้ ซึ่งมีลักษณะการจำแนกยานพาหนะที่คล้ายกับงานวิจัยนี้คือใช้ตัวอย่างสอนที่เป็นยานพาหนะและไม่ใช่อยานพาหนะ มาสอนให้กับตัวจำแนก แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้ ต้องการจำแนกเพียงรถจักรยานยนต์ จึงไม่จำเป็นที่จะต้องใส่ตัวจำแนก (Classifier) ที่ซับซ้อนเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kato[12] และยังเป็นวิธีที่ต้องใช้ทรัพยากรในการประมวลผลที่มากอีกด้วย นอกจากนี้ ยังไม่ได้นำเสนอการตรวจหาป้ายทะเบียน

งานวิจัยของ Zhijun Qiu, Danya Yao, Yi Zhang, Daosong Ma และ Xinyu Liu เสนองานวิจัย เรื่อง “The Study of the Detection of Pedestrian and Bicycle using Image Processing” [13] เป็นงานวิจัยที่ใช้หลักการประมวลผลภาพในการแยกยานพาหนะต่างๆ ออกจาก คน และรถจักรยาน ในภาพวิดีโอ โดยหลักการที่ว่า ยานพาหนะจะมีความเร็วมากกว่าคนและรถจักรยานมาก ส่วนการแยกคนกับรถจักรยาน ได้ใช้หลักการว่า ความเร็วเฉลี่ยของรถจักรยานมากกว่าความเร็วเฉลี่ยของคน เป็น 5 เท่า วิธีการดังกล่าวใช้ความเร็วในการพิจารณาวัตถุ ว่าเป็นวัตถุชนิดใด ดังนั้นถ้ายานพาหนะวิ่งช้า หรืออยู่ระหว่างการชะลอความเร็ว ก็จะใช้ไม่ได้ผล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3 แนวคิดและวิธีดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ได้เสนอการหาป้ายทะเบียนของรถจักรยานยนต์ที่มีชื่ออยู่ในประเทศไทย ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 3.1 โดยมีแนวคิดที่ว่า ป้ายทะเบียนของรถจักรยานยนต์จะมีค่าเฉลี่ยของระดับเทาที่มากกว่าพื้นที่รอบข้างทั้งสี่ด้าน ทำให้ได้ตำแหน่งที่คาดว่าจะเป็นป้ายทะเบียนในขั้นแรก และเมื่อได้วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยระดับเทาตรงบริเวณนั้น จะพบว่า มีลักษณะเฉพาะของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ แนวคิดดังกล่าว ถูกเรียกว่า การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบหลายส่วน ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในหัวข้อถัดไป



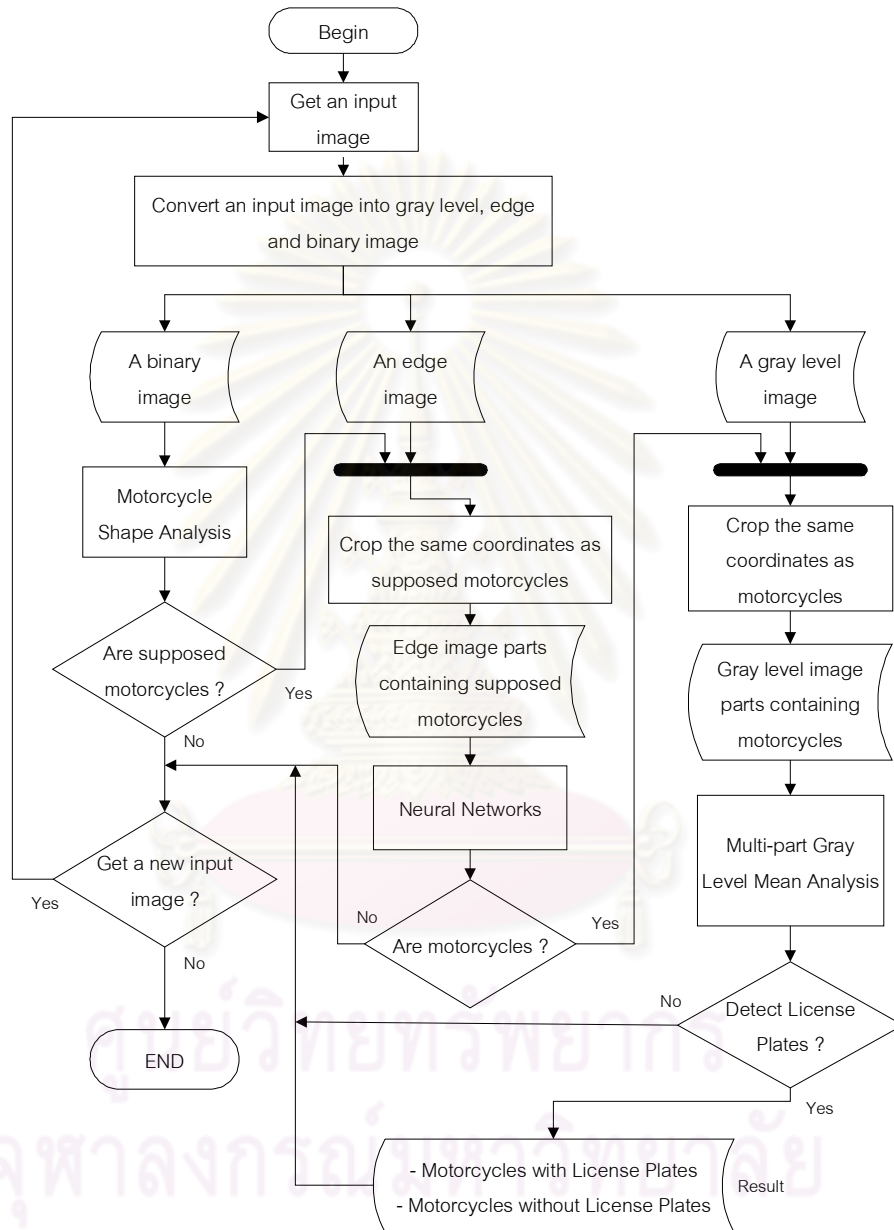
รูปที่ 3.1 ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ที่มีชื่ออยู่ในประเทศไทย โดยทุกป้ายมีตัวอักษรสีดำ (ก) ลักษณะเป็นพื้นขาวทั้งป้าย (ข) ลักษณะเป็นพื้นขาวมีเส้นสีแดงคาดกลาง (ค) ลักษณะเป็นสีเหลืองพื้นผ้าและมีสีขาวทั้งป้าย (ง) ลักษณะเป็นพื้นเหลืองทั้งป้าย

เนื่องจากภาพนิ่งที่จะนำมาประมวลผลเป็นภาพการจราจรจริง จึงมียานพาหนะและสิ่งแวดลอมที่หลากหลาย อยู่ในภาพเดียวกัน หากต้องการประมวลผลเฉพาะป้ายทะเบียนของรถจักรยานยนต์เท่านั้น จะต้องหาตำแหน่งของรถจักรยานยนต์ก่อน แล้วจึงหาตำแหน่งของป้ายทะเบียน เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

สำหรับการที่จะวิเคราะห์ว่าตำแหน่งใดๆ ในภาพว่าเป็นรถจักรยานยนต์หรือไม่นั้น ได้อาศัยแนวคิดที่ว่า บริเวณส่วนล่างของรถจักรยานยนต์ จะมีค่าเฉลี่ยระดับเทาที่ต่ำเสมอ เมื่อภาพที่จะนำไปประมวลผล ถูกนำไปผ่านค่าขีดแบ่งค่าต่างๆ จะพบว่า พิกเซลสีดำที่เหลืองอยู่ จะเป็นส่วนล่างของรถจักรยานยนต์ ที่มีลักษณะเฉพาะ ที่แตกต่างจากพิกเซลที่เหลืองอยู่ของวัตถุอื่นในภาพ เรียกแนวคิดและกระบวนการข้างต้นว่า การวิเคราะห์รูปร่างจักรยานยนต์ ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในหัวข้อถัดไป โดยจะใช้กระบวนการนี้เพื่อเลือกส่วนของภาพที่น่าจะเป็นรถจักรยานยนต์เก็บไว้ เพื่อนำไปผ่านกระบวนการของข่ายงานประสาทเทียม เพื่อการยืนยันขั้นสุดท้ายว่าเป็นจักรยานยนต์หรือไม่

3.1 การทำงานของระบบ

หลักการดำเนินงานของระบบทั้งหมดสามารถสรุปได้ในแผนภูมิสายงาน (Flow Chart) ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.2 แผนภูมิสายงานของระบบการทำงานทั้งหมดของการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์

ระบบจะเริ่มจากการเตรียมภาพ โดยทำให้ภาพที่ต้องการประมวลผลอยู่ในสามรูปแบบ คือ ภาพระดับเทา (Gray Level Image) ภาพขอบโดยใช้ตัวดำเนินการของโซเบล (Sobel Edge Detection Image) และภาพฐานสอง (Binary Image) ที่ได้จากการใช้ค่าขีดแบ่งเพื่อทำให้

ภาพนั้นเป็นสีขาวและดำเท่านั้น ภาพทั้งสามนี้ จะถูกนำไปประมวลผล สำหรับการหาตำแหน่งของรถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนในขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.1.1 การตรวจหาตำแหน่งของรถจักรยานยนต์

ภาพฐานสองที่ได้จากการใช้ค่าขีดแบ่งจะถูกประมวลผล เพื่อหาตำแหน่งของรถจักรยานยนต์ โดยจะเริ่มด้วยการสร้าง หน้าต่างตรวจหา (Detection Window) เพื่อกราดตรวจไปในภาพฐานสองนั้น แต่ละตำแหน่งที่หน้าต่างตรวจหากวาดตรวจไป ก็จะวิเคราะห์ว่า ณ ตำแหน่งนั้น มีวัตถุที่คาดว่าเป็นจักรยานยนต์หรือไม่ ด้วยการให้หลักการวิเคราะห์รูปร่างจักรยานยนต์ ซึ่งจะถูกละเลยโดยละเอียดในหัวข้อถัดไป สำหรับขนาดของหน้าต่างตรวจหานั้น อาจจะมีหลาย ๆ ขนาดได้ ขึ้นกับภาพที่จะนำมาประมวลผล ว่ามีวัตถุที่มีขนาดหลากหลายเพียงใด

ถ้าหากหน้าต่างตรวจหาพบว่าตำแหน่งใดในภาพมีวัตถุที่คาดว่าเป็นรถจักรยานยนต์อยู่ ระบบก็จะตัดส่วนภาพ (Crop) ณ พิกัดเดียวกัน จากภาพขอบ ที่ได้จากการดำเนินการของไซเบล ส่งไปตัดสินใจขั้นสุดท้ายว่าเป็นรถจักรยานยนต์หรือไม่ ด้วยข่ายงานประสาทเทียม

3.1.2 การตรวจหาตำแหน่งของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์

เมื่อพบตำแหน่งที่แน่นอนของรถจักรยานยนต์แล้ว ระบบก็จะตัดส่วนภาพ (Crop) จากภาพระดับเทา ณ ตำแหน่งเดียวกัน มาใช้ในการหาตำแหน่งของป้ายทะเบียน โดยจะเริ่มจากการสร้างหน้าต่างตรวจหาสำหรับตรวจหาป้ายทะเบียนขึ้น (สำหรับขนาดนั้น จะขึ้นกับขนาดของภาพรถจักรยานยนต์ ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป) แล้วให้หน้าต่างนี้กราดตรวจไป ในภาพระดับเทาที่ตัดส่วนมา โดยแต่ละครั้งที่หน้าต่างตรวจหากวาดตรวจไป ภาพในหน้าต่างก็จะถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยหลักการการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยระดับเทาแบบหลายส่วน เพื่อหาว่าเป็นป้ายทะเบียนหรือไม่ อย่างไรก็ตามป้ายทะเบียนหนึ่งป้าย อาจถูกตรวจพบได้จากหน้าต่างกราดตรวจหลายตำแหน่งก็ได้ แต่ระบบจะส่งผลลัพธ์สุดท้ายโดยการนำพิกัดหลายๆ ตำแหน่งนี้ มาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งก็ได้ผลลัพธ์ของพิกัดเพียงตำแหน่งเดียว สำหรับกรณีที่ไม่พบป้ายทะเบียน ก็แสดงว่ารถจักรยานยนต์คันนี้ เป็นรถจักรยานยนต์ที่ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน นอกจากนี้ เพื่อให้การประมวลผลรวดเร็วขึ้น จะกำหนดให้หน้าต่างตรวจหา กราดตรวจเฉพาะครึ่งล่างของภาพรถจักรยานยนต์ที่ถูกตัดส่วนภาพมาเท่านั้น เพราะป้ายทะเบียนจะอยู่บริเวณครึ่งล่างของรถจักรยานยนต์เสมอ จึงไม่จำเป็นต้องกราดตรวจครึ่งบนของภาพด้วย

3.2 การวิเคราะห์รูปร่างจักรยานยนต์ (Motorcycle Shape Analysis)

การวิเคราะห์รูปร่างจักรยานยนต์ พัฒนาโดยมีแนวคิดที่ว่า ส่วนล่างของภาพรถจักรยานยนต์จะมีค่าระดับเทาที่ต่ำกว่าพื้นหลังเสมอ และเมื่อทำภาพรถจักรยานยนต์ให้เป็นภาพฐานสองที่ได้จากการกำหนดค่าขีดแบ่งต่างๆ ส่วนที่เหลืออยู่ของภาพ (พิกเซลสีดำ) จะมีลักษณะเฉพาะ ที่สามารถบอกได้ว่าเป็นรถจักรยานยนต์หรือไม่ การวิเคราะห์รูปร่างจักรยานยนต์นี้จะเริ่มจากการกำหนดกลุ่มพิกเซลให้เป็นรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่มีขนาดแน่นอน โดยให้กลุ่มพิกเซลนี้วิ่งไปในแนวตั้งเรื่อยๆ แต่จะหยุดวิ่งในแนวตั้ง เมื่อใดก็ตามที่ภายในกลุ่มพิกเซลนั้นมีพิกเซลสีดำ แม้เพียงพิกเซลเดียว หรืออีกนัยหนึ่งคือ กลุ่มพิกเซลนี้จะหยุดวิ่งในแนวตั้ง เมื่อค่าเฉลี่ยระดับเทาภายในกลุ่มพิกเซลนั้น น้อยกว่า 255 ในค่าระดับเทาของภาพ 8 บิต เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการในแนวตั้งแรกแล้ว ก็จะเลื่อนไปในแนวนอนและกำหนดกลุ่มพิกเซลเพื่อวิ่งในแนวตั้งอีกครั้งในลักษณะเดิม ทำเช่นนี้เรื่อยๆ ครอบคลุมทั้งพื้นที่ของหน้าต่างตรวจหา ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งจากรูปจะเห็นได้ว่า ตำแหน่งที่เป็นจักรยานยนต์นั้น มีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากบริเวณอื่น กล่าวคือ การที่จะเป็นวัตถุที่คาดว่าเป็นรถจักรยานยนต์หรือไม่นั้น จะดูจากจำนวนของกลุ่มพิกเซลที่วิ่งไปตามแนวตั้ง ถ้าพบว่าเริ่มจากมาก แล้วลดต่ำลงเรื่อยๆ และเพิ่มขึ้นมาอีกครั้ง เป็นลักษณะของรูปประฆังคว่ำ ก็จะถือว่าเป็นวัตถุที่คาดว่าเป็นรถจักรยานยนต์ สำหรับขนาดของกลุ่มพิกเซลนั้น จะขึ้นกับขนาดของหน้าต่างตรวจหาที่กำลังตรวจหารถจักรยานยนต์อยู่ ณ ขณะนั้น โดยถ้าขนาดหน้าต่างตรวจหาใหญ่ ขนาดของกลุ่มพิกเซลก็จะใหญ่ (ใช้พิกเซลจำนวนมากในการสร้างสี่เหลี่ยม) แต่ถ้าขนาดหน้าต่างตรวจหาเล็ก ขนาดของกลุ่มพิกเซลก็จะเล็ก (ใช้พิกเซลจำนวนน้อยในการสร้างสี่เหลี่ยม)

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์รูปร่างจักรยานยนต์นี้เรียกว่าวัตถุที่คาดว่าเป็นรถจักรยานยนต์ เพราะยังยืนยันแน่นอนไม่ได้ว่า เป็นรถจักรยานยนต์จริงๆ อาจมีวัตถุที่มีรูปร่างลักษณะใกล้เคียง และให้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์เป็นลักษณะระฆังคว่ำเหมือนกันได้ ดังนั้นถ้าหากต้องการให้มีความถูกต้องมากขึ้น ต้องเพิ่มวิธีการอีกขั้นตอนหนึ่ง เพื่อมายืนยันในขั้นสุดท้าย ซึ่งงานวิจัยนี้ จะใช้ข่ายงานประสาทเทียม ในขั้นตอนนี้ โดยจะอธิบายอย่างละเอียดในหัวข้อ 3.3 ต่อไป



(ก)



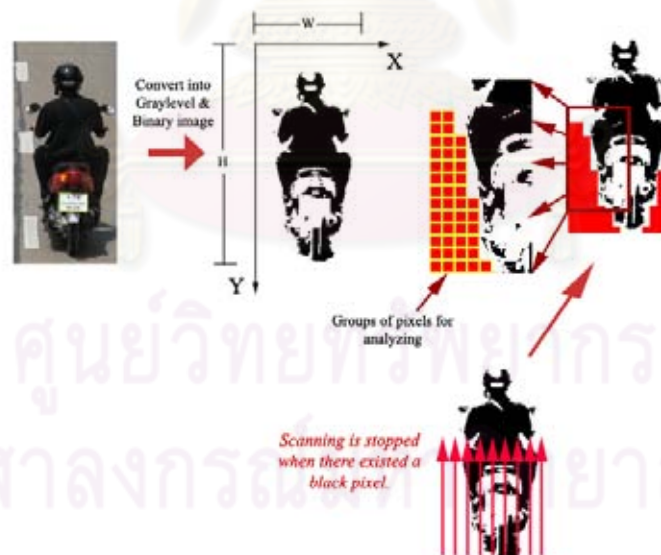
(ข)



(ค)



(ง)



(จ)

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการใช้หน้าต่างตรวจหา (Detection Window) ในการถอดตรวจภาพฐานสอง เพื่อหาวัตถุที่คาดว่าจะป็นรถจักรยานยนต์ และตัวอย่างการวิเคราะห์รูปร่างจักรยานยนต์ (ก) ภาพที่ต้องการวิเคราะห์ (ข) ภาพฐานสอง (ค) ตัวอย่างขณะที่หน้าต่างตรวจหา ถอดตรวจภาพฐานสอง (ง) และ (จ) ภาพรถจักรยานยนต์ในขั้นตอนการวิเคราะห์รูปร่างจักรยานยนต์

3.3 การเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียม

การที่จะตัดสินใจว่าเป็นรถจักรยานยนต์หรือไม่นั้น จะนำเอาฟีเจอร์จากภาพที่ได้จากหน้าต่างตรวจหา มาเป็นข้อมูลนำเข้าให้กับข่ายงานประสาทเทียม ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ขั้นตอนวิธีการแพร่กระจายย้อนกลับ (Backpropagation Algorithm) สำหรับการเรียนรู้ และจะใช้ข่ายงานป้อนไปหน้าแบบหลายชั้น (Multilayer Feedforward Network) สำหรับการแยกฟีเจอร์ (Features) จะเริ่มจากภาพที่ใช้ในการประมวลผลต้องเป็นภาพที่ผ่านการเตรียมภาพ โดยใช้ การทำภาพสีให้เป็นระดับเทา การหาขอบโดยใช้ตัวดำเนินการของโซเบล และการใช้ค่าขีดแบ่งเพื่อให้ภาพเป็นขอบที่มีเพียงสีขาวและดำเท่านั้น ตามลำดับ ต่อไปจะใช้ โปรเจคชัน โปรไฟล์ (Projection Profile) เพื่อที่จะหาผลรวมจากการกราดตรวจแนวนอนและแนวตั้ง ในแต่ละพิกเซล เพื่อแยกฟีเจอร์ ดังนั้นก็จะได้จำนวนฟีเจอร์เท่ากับ จำนวนพิกเซลของความกว้าง บวกกับจำนวนพิกเซลของความสูง ของหน้าต่างตรวจหา ตัวอย่างเช่น ถ้าหน้าต่างตรวจหา มีความกว้าง 100 พิกเซล และความสูง 200 พิกเซล จะได้จำนวนฟีเจอร์เท่ากับ $100 + 200 = 300$ ฟีเจอร์ โดยจะเรียงจากความกว้างก่อนแล้วจึงตามด้วยความสูง ตามลำดับ ฟีเจอร์เหล่านี้ก็จะถูกป้อนไปยังข่ายงานประสาทเทียม สำหรับการเรียนรู้ หรือ การตัดสินใจ ต่อไป และเพื่อแสดงถึงการแยกฟีเจอร์ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงอธิบายทางสมการคณิตศาสตร์ ดังนี้

กำหนดให้ภาพภายในกรอบตรวจหาผ่านตัวดำเนินการของโซเบล และการหาค่าขีดแบ่งเพื่อให้เป็นภาพขอบที่มีเพียงสีขาวและดำเท่านั้น มาแล้ว ต่อไปกำหนดให้ X_i เป็นค่าผลลัพธ์จากโปรเจคชันโปรไฟล์แนวนอนตามแกน x และให้ Y_j เป็นค่าผลลัพธ์จากโปรเจคชันโปรไฟล์แนวตั้งตามแกน y และกรอบตรวจหา มีความกว้างเป็น W และความสูงเป็น H จะได้

$$X_i = \sum_{j=0}^{H-1} F_{sb}(i, j) \quad (3.1)$$

$$Y_j = \sum_{i=0}^{W-1} F_{sb}(i, j) \quad (3.2)$$

โดยที่ i และ j คือ พิกัดตามแนวนอนและแนวตั้ง ตามลำดับ โดย $i = 0, 1, 2, \dots, W-1$ และ

$j = 0, 1, 2, \dots, H-1$

ฟังก์ชัน $F_{sb}(x, y)$ เป็นฟังก์ชันที่บอกว่าแต่ละพิกเซลที่กราดตรวจไปเป็นพิกเซลสีขาวหรือสีดำ โดยมีสมการดังนี้

$$F_{sb}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) = 255 \\ 0 & \text{if } f(x, y) = 0 \end{cases} \quad (3.3)$$

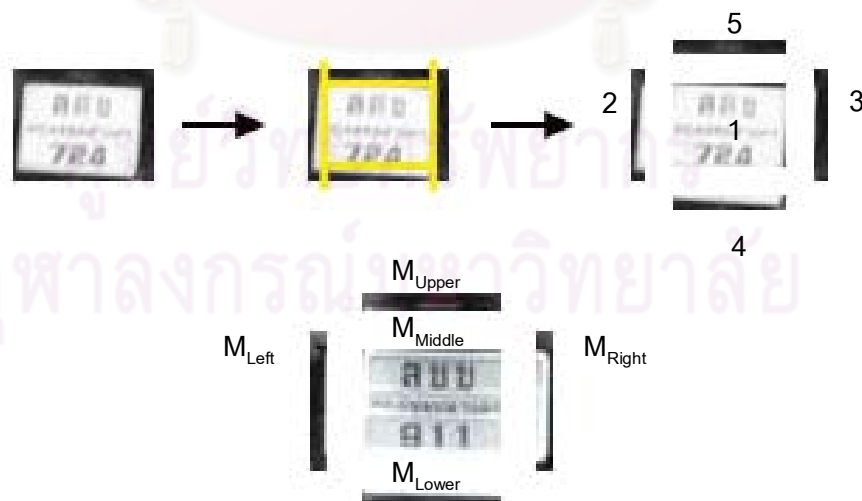
ฟังก์ชัน [10] $f(x, y)$ แทนค่าระดับเทาของพิกเซลในพิกัด (x, y) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 – 255 แต่เนื่องจากภาพในกรอบตรวจหาผ่านการหาค่าขีดแบ่งแล้วจึงทำให้ $f(x, y)$ มีค่าเป็น 0 หรือ 255 เท่านั้น

3.4 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยระดับเทาแบบหลายส่วน (Multi-part Gray Level Mean Analysis)

เมื่อรู้ตำแหน่งที่แน่นอนของรถจักรยานยนต์แล้ว จะนำพิกัดของรถจักรยานยนต์นั้น มาเทียบตำแหน่งเพื่อนำเฉพาะภาพระดับเทามากราดตรวจเพื่อหาป้ายทะเบียน ในแต่ละหน้าต่างกราดตรวจจะนำภาพระดับเทาไปผ่านตัวกรอง 2 ชนิด คือตัวกรองหยาบ และตัวกรองปรับเรียบ ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.4.1 ตัวกรองแบบหยาบ (Rough Filter)

ตัวกรองนี้เป็นการหาว่าตำแหน่งใดที่หน้าต่างกราดตรวจไปแล้วน่าจะเป็นตำแหน่งของป้ายทะเบียน ซึ่งอาจจะมีหลายตำแหน่งก็ได้ แล้วส่งตำแหน่งนั้นไปยังตัวกรองถัดไป ตัวกรองหยาบจะใช้หลักการที่ว่าค่าเฉลี่ยระดับเทาของแผ่นป้ายทะเบียนจะมีค่ามากกว่าบริเวณรอบข้างเสมอ ดังนั้น ถ้าหากแบ่งหน้าต่างกราดตรวจออกเป็น 5 ส่วน ดังแสดงใน รูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การแบ่งหน้าต่างกราดตรวจออกเป็น 5 ส่วน สำหรับใช้กับตัวกรองแบบหยาบ เพื่อหาตำแหน่งที่คาดว่าเป็นป้ายทะเบียน

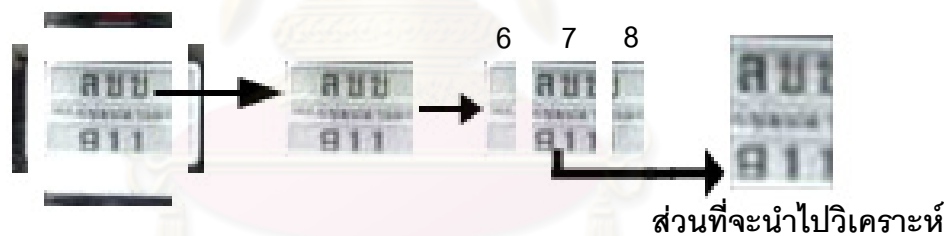
ถ้าให้ C_m เป็นฟังก์ชันสำหรับหาค่าที่ได้จากการบวกค่าเฉลี่ย ณ ตำแหน่งด้านใดด้านหนึ่ง กับค่าคงที่ โดยเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$C_m = m + R \quad (3.4)$$

โดย R เป็นค่าคงที่ที่ได้จากการทดลอง $m = M_{upper}, M_{lower}, M_{right}$ และ M_{left} โดยถ้า $M_{middle} \geq C_m$ จะเป็นตำแหน่งที่คาดว่าเป็นป้ายทะเบียน และถ้า $M_{middle} < C_m$ จะไม่เป็นป้ายทะเบียน จากรูปที่ 3.4 จะหาค่าเฉลี่ยระดับเทาของทั้ง 5 ส่วน ตำแหน่งที่คาดว่าจะเป็นป้ายทะเบียนนั้น หมายเลข 1 ต้องมากกว่าหมายเลข 2, 3, 4 และ 5 เกินกว่าค่าที่กำหนด นอกจากนั้นค่าเฉลี่ยระดับเทาที่หมายเลข 1 ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดอีกค่าหนึ่งด้วย

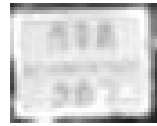
3.4.2 ตัวกรองแบบละเอียด (Thorough Filter)

เมื่อผ่านตัวกรองหยาบมาได้ ก็จะนำมาเข้าตัวกรองละเอียด ตัวกรองนี้จะแบ่งหมายเลข 1 จากตัวกรองแรกในรูปที่ 3.4 ออกเป็น 3 ส่วน และจะกำหนดหมายเลขเป็น 6, 7 และ 8 ซึ่งหมายเลข 7 จะกว้างเป็น 2 เท่าของหมายเลข 6 และ 8 ต่อจากนั้นจะนำเฉพาะหมายเลข 7 ไปวิเคราะห์ เพื่อหาลักษณะที่จะระบุว่าเป็นป้ายทะเบียนต่อไป ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การแบ่งหน้าต่างเกรดตรวจของตัวกรองแบบละเอียด เพื่อให้ได้ส่วนสุดท้าย สำหรับนำไปวิเคราะห์เพื่อยืนยันการเป็นป้ายทะเบียน

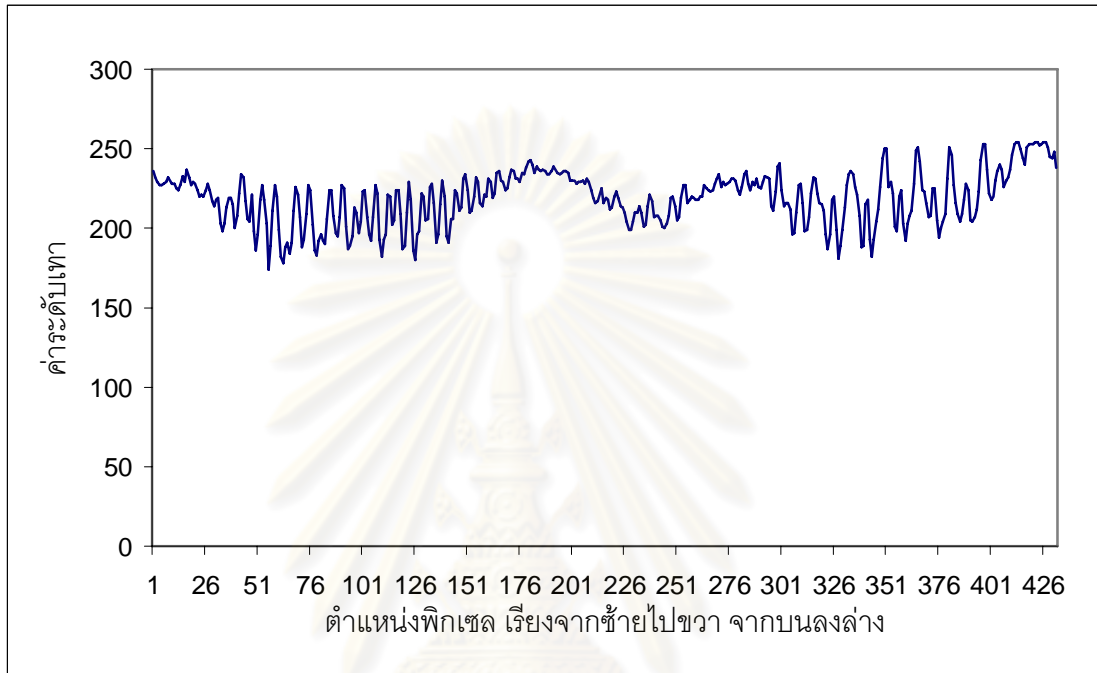
เริ่มวิเคราะห์ โดยการนำค่าระดับเทาแต่ละพิกเซลในหมายเลข 7 มาเรียงข้อมูลกัน โดยเริ่มจากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่าง ตามลำดับ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นลักษณะเฉพาะของป้ายทะเบียนของรถจักรยานยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.6



(ก)



(ข)

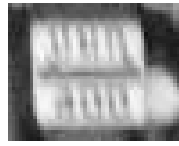


(ค)

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการใช้ตัวกรองแบบละเอียด ในการตรวจหาป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์แบบพื้นขาวทั้งป้าย (ก) และ (ข) แสดงหน้าต่างตรวจหา และตำแหน่งที่จะนำมาวิเคราะห์ ตามลำดับ (ค) แสดงการนำค่าระดับเทาามาแสดงในแผนภาพ จะพบว่าบริเวณที่เป็นอักขระจะมีความแปรปรวนของค่าระดับเทา มากกว่าบริเวณอื่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

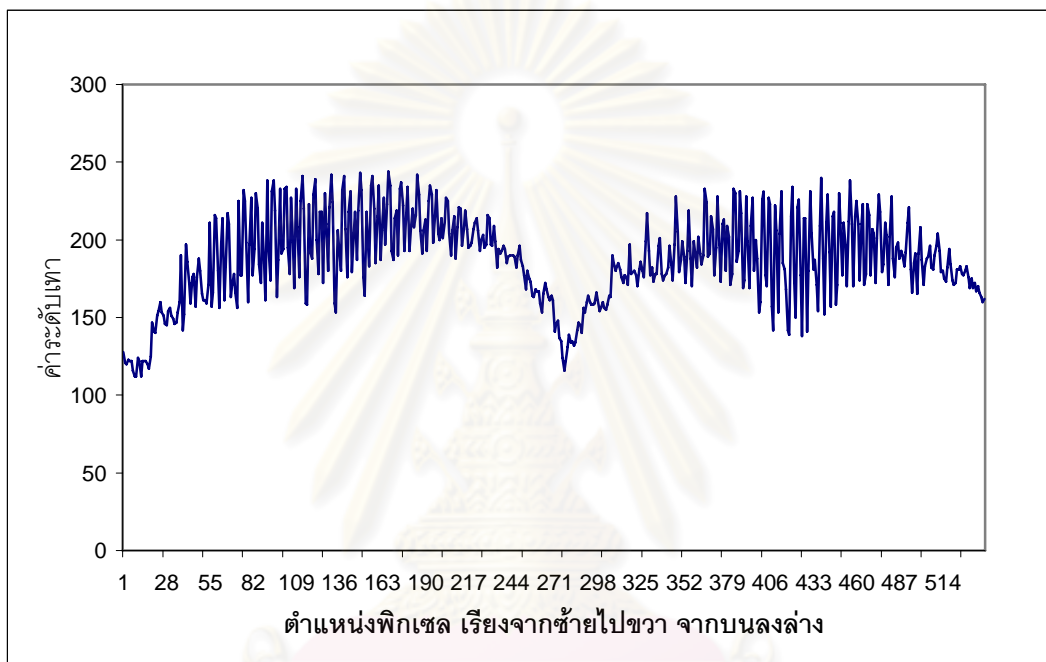
ตัวอย่างป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์รูปแบบอื่นๆ แสดงดังรูปที่ 3.7 และ 3.8



(ก)



(ข)



(ค)

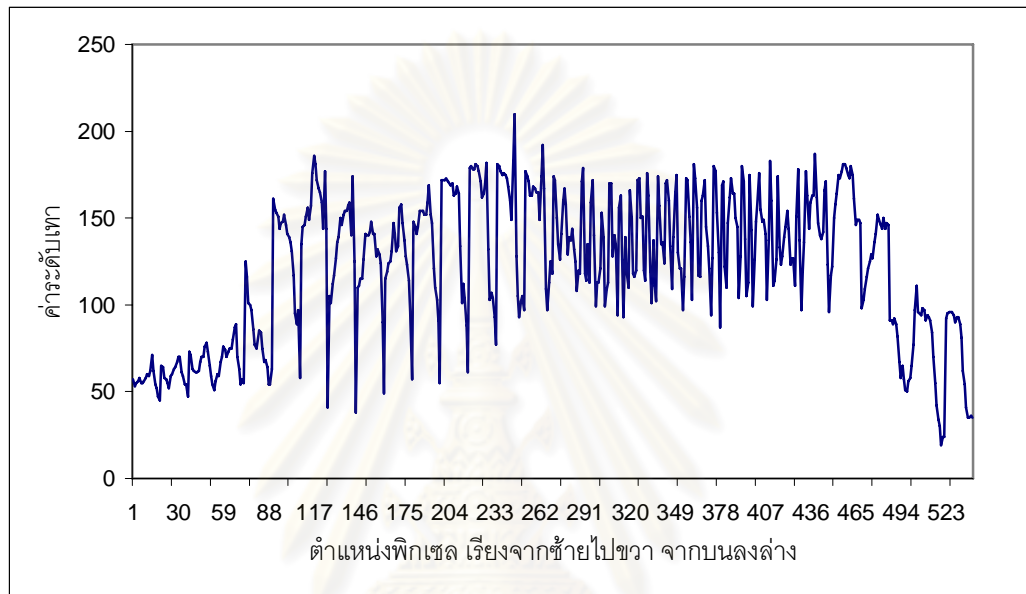
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการใช้ตัวกรองแบบละเอียด ในการตรวจหาป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์แบบพื้นขาวมีแถบแดงคั่นกลาง (ก) และ (ข) หน้าต่างตรวจหา และตำแหน่งที่จะนำมาวิเคราะห์ตามลำดับ ของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์แบบมีแถบแดงคั่นกลาง (ค) การนำค่าระดับเทาของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์แบบมีแถบแดงคั่นกลาง มาแสดงในแผนภาพ



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการใช้ตัวกรองแบบละเอียด ในการตรวจหาป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์แบบ สีเหลืองมีพื้นผ้า และพื้นขาวทั้งป้าย (ก) และ (ข) หน้าต่างตรวจหา และตำแหน่งที่จะนำมาวิเคราะห์ ตามลำดับ ของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์แบบสีเหลืองมีพื้นผ้า (ค) การนำค่าระดับเทาของป้าย ทะเบียนรถจักรยานยนต์แบบสีเหลืองมีพื้นผ้าและพื้นขาวทั้งป้าย มาแสดงในแผนภาพ

ศูนย์วิทยุโทรพยากรณ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

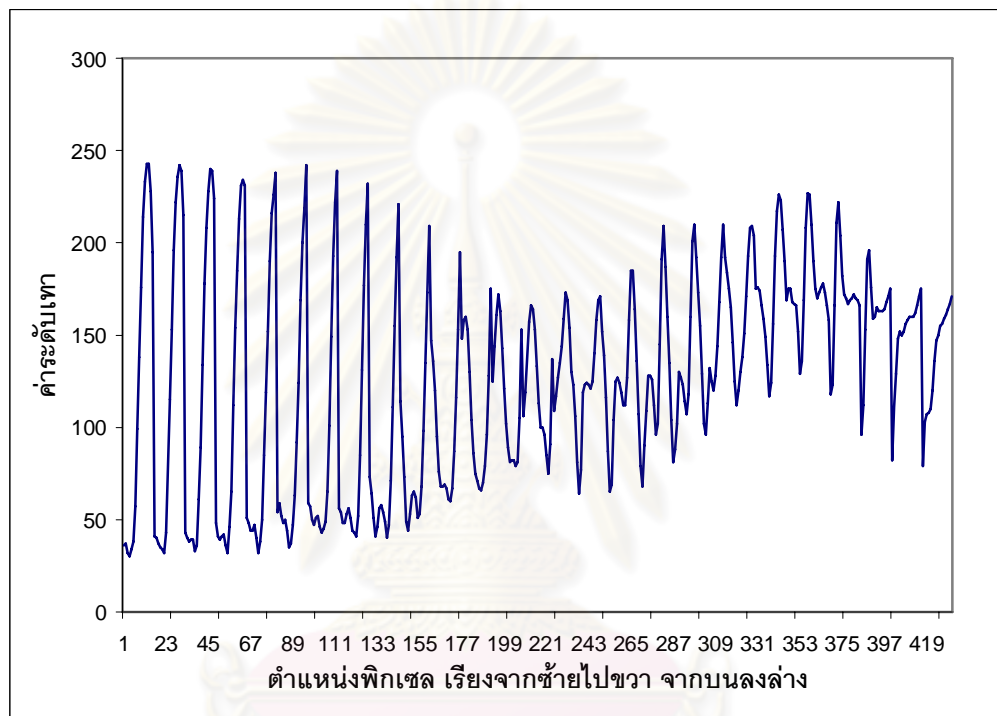
ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างกรณีที่หน้าต่างตรวจหา วิเคราะห์ตำแหน่งอื่น ที่ไม่ใช่ป้ายทะเบียนรถจักรยายนยนต์



(ก)

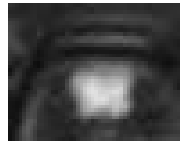


(ข)



(ค)

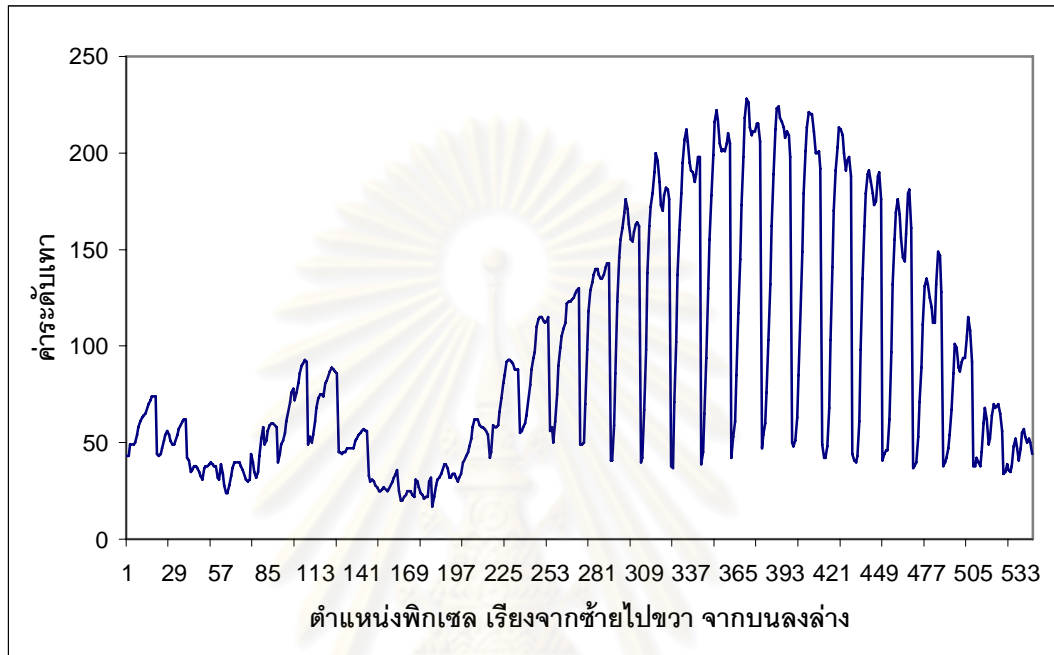
รูปที่ 3.9 ตัวอย่างผลของตัวกรองแบบละเอียด กรณีที่ไม่ใช่ป้ายทะเบียนรถจักรยายนยนต์ (ก) และ (ข) หน้าต่างตรวจหา และตำแหน่งที่จะนำมาวิเคราะห์ ตามลำดับ ของส่วนที่ไม่ใช่ป้ายทะเบียนรถจักรยายนต์ (ค) การนำค่าระดับเทาของส่วนที่ไม่ใช่ป้ายทะเบียนรถจักรยายนต์ มาแสดงในแผนภาพ



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 3.10 ตัวอย่างผลของตัวกรองแบบละเอียด กรณีที่ไม่ใช่ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ก) และ (ข) แสดงหน้าต่างตรวจหา และตำแหน่งที่จะนำมาวิเคราะห์ ตามลำดับ ของส่วนที่ไม่ใช่ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ค) แสดงการนำค่าระดับเทาของส่วนที่ไม่ใช่ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาแสดงในแผนภาพ

จากรูปที่ 3.6, 3.7 และ 3.8 จะพบว่าป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มีกลุ่มของค่าระดับเทาที่มีความแปรปรวน และความถี่สูง เป็นลักษณะเฉพาะ มากกว่าบริเวณอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งกลุ่มของค่าระดับเทา นี้ ก็คือกลุ่มของอักขระบนป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ นั่นเอง ในขณะที่รูปที่ 3.9 และ 3.10 ซึ่งเป็นแผนภาพของบริเวณที่ไม่ใช่ป้ายทะเบียน จะไม่พบกลุ่มของอักขระดังกล่าว

รูปที่ 3.9 และ 3.10 เป็นกรณีที่ผ่านตัวกรองแบบหยาบได้ แต่ไม่ผ่านตัวกรองแบบละเอียด

3.4.3 ลักษณะเฉพาะของอักขระบนป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์

สำหรับลักษณะเฉพาะของกลุ่มค่าระดับเทาในแผนภาพที่จะเป็นของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์นั้น จะต้องพิจารณา ดังนี้

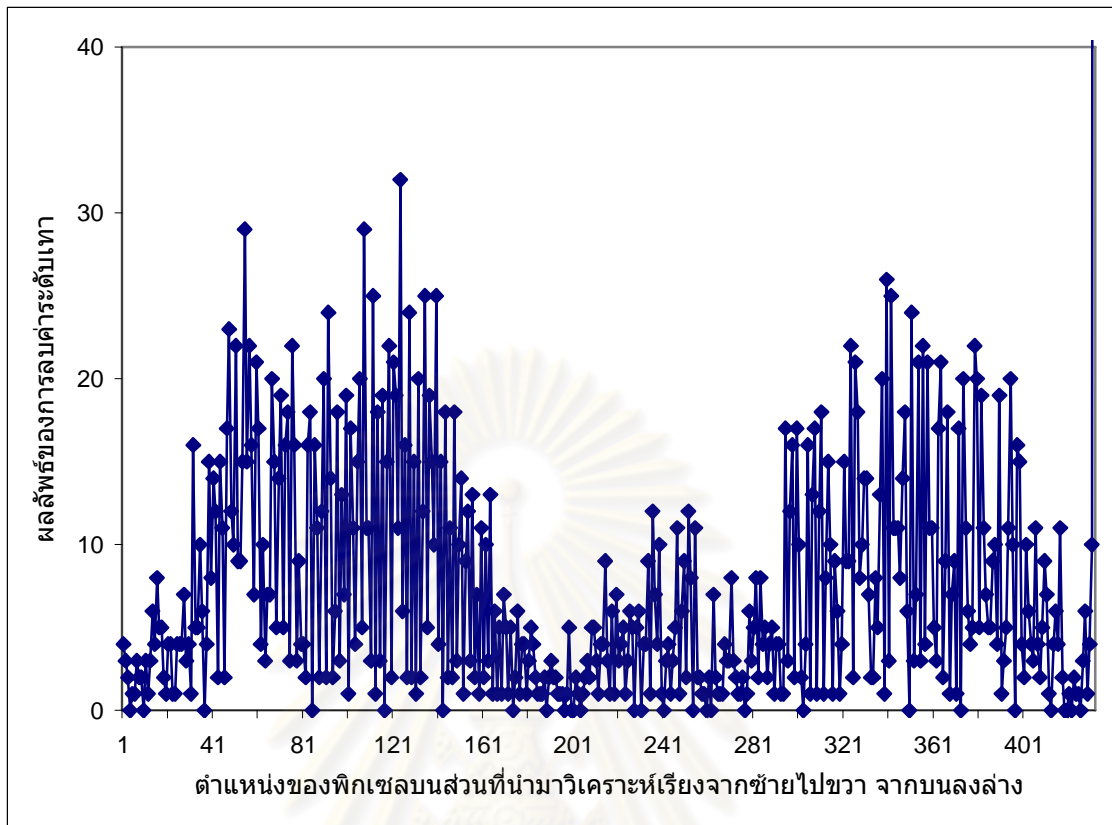
3.4.3.1 นำค่าระดับเทาแต่ละฟิกเซลจากซ้ายไปขวาจากบนลงล่าง มาลบกันตามลำดับ ดังนี้

$$df_i(i, i + 1) = fg(i + 1) - fg(i) \quad (3.5)$$

โดยฟังก์ชัน df แทนผลลัพธ์จากการลบกัน ของค่าระดับเทาแต่ละฟิกเซลเรียงตามลำดับ ของส่วนที่จะนำมาวิเคราะห์ของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ สำหรับ i แทน ตำแหน่งฟิกเซลจากซ้ายไปขวา จากล่างขึ้นบน หรือก็คือ ค่าตามแกน X ของแผนภาพ ที่ซึ่ง $i = 1, 2, 3, \dots, n - 1$ และ n แทน จำนวนตำแหน่งของฟิกเซลที่มีอยู่ทั้งหมด ฟังก์ชัน fg แทน ค่าระดับเทา ณ ตำแหน่งใดๆ บนแผนภาพ

3.4.3.2 กำหนดค่า $dfMin$ ให้เป็นค่าต่ำสุดของ df ที่จะพิจารณา และกำหนดค่า $chrMin$ ให้เป็นความยาวต่ำสุดของกลุ่มค่า df ซึ่งในงานวิจัยนี้ ค่า $chrMin$ จะกำหนดให้เป็น ร้อยละ 17 ของจำนวนค่า df ที่มีอยู่ทั้งหมด

3.4.3.3 พิจารณากลุ่มของค่า df ที่มีค่ามากกว่า $dfMin$ ติดต่อกัน และจะหยุดนับเป็นกลุ่มเมื่อพบว่าค่า df น้อยกว่า $dfMin$ ติดต่อกันเกิน 5 ค่า การที่จะเป็นป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์นั้น จะต้องพบกลุ่มของค่า df ที่มีความยาวกว่า ค่า $chrMin$ สองกลุ่ม โดยอยู่ห่างกันด้านซ้ายกลุ่มหนึ่ง และด้านขวาอีกกลุ่มหนึ่ง นั่นก็คือป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ที่มีแถวตัวเลขทะเบียน สองแถว นั่นเอง แต่ถ้าพบกลุ่มของค่า df ที่มีความยาวกว่า ค่า $chrMin$ เพียงกลุ่มเดียว และอยู่ตรงกลาง ก็ถือว่าเป็นป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์เช่นกัน แต่เป็นป้ายทะเบียนแบบมีตัวเลขทะเบียนแบบแถวเดียว ดังแสดงในรูปที่ 3.11 ด้านล่าง ซึ่งเป็นค่า df ณ ตำแหน่งต่างๆ จากส่วนที่จะนำมาวิเคราะห์ของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ของรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.11 ค่าผลลัพธ์จากการลดระดับเทาแต่ละฟิกเซลตามลำดับจากล่างขึ้นบนจากบนลงล่างของส่วนที่นำมาวิเคราะห์ของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ หรือก็คือ ค่า df ณ ตำแหน่งต่างๆ จากส่วนที่นำมาวิเคราะห์ของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ของรูปที่ 3.6

บทที่ 4

การทดลองและผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 คุณสมบัติของภาพที่นำมาทดลอง

งานวิจัยนี้ ภาพนิ่งถูกนำมาใช้ในการทดลอง โดยภาพนิ่งทั้งหมดมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

4.4.1 รูปแบบของภาพนิ่ง เป็น JPEG แบบ 32 บิต

4.4.2 ความละเอียดของภาพนิ่ง เป็น 1600 x 1200 พิกเซล

4.4.3 ภาพนิ่งเป็นภาพถ่ายของการจราจรจริง ที่มีรถจักรยานยนต์ และยานพาหนะอื่นรวมอยู่ในภาพ

4.4.4 มุมกล้องในการถ่ายภาพ เป็นมุมก้ม 30 องศา จากแนวระนาบ โดยกล้องถูกติดตั้งสูงจากพื้นดิน ประมาณ 7.5 เมตร

4.2 สภาพแวดล้อมในการทดลอง

4.2.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) เป็นอุปกรณ์ในการถ่ายภาพ และการประมวลผล โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

4.2.1.1 กล้องถ่ายภาพนิ่ง ดิจิทัล Cannon Power Shot A460

4.2.1.2 คอมพิวเตอร์ Acer Aspire 4520G, CPU AMD Turion 64x2 Mobile Technology TL-58 (1.9 GHz, 2x512 KB L2 cache), NVIDIA GeForce 8400M G TurboCache และ RAM 2 GB DDR2

4.2.2 ซอฟต์แวร์ (Software) ซอฟต์แวร์ที่ใช้ ถูกใช้ในการพัฒนาโปรแกรม และใช้ในการทดลอง โดยเป็นดังต่อไปนี้

4.2.2.1 ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP Professional Service Pack 3

4.2.2.2 ซอฟต์แวร์ถูกพัฒนาโดยใช้ ภาษา C# และโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2008

4.3 การเตรียมข่ายงานประสาทเทียมและหน้าต่างตรวจหา

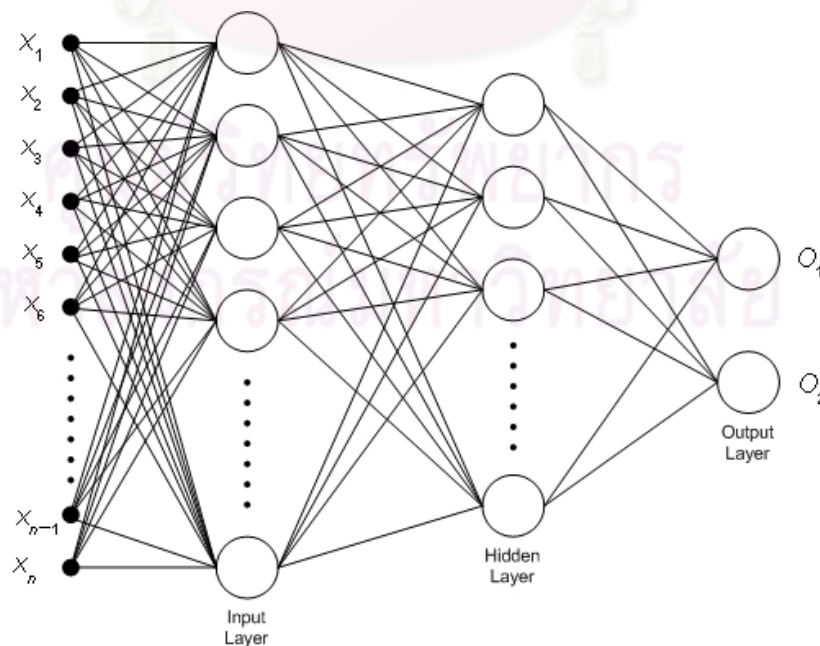
ข่ายงานประสาทเทียมที่ถูกใช้เป็นแบบข่ายงานป้อนไปหน้าแบบหลายชั้น (Multilayer Feedforward Network) โดยแบ่งเป็น 3 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 4.1 แต่ละชั้นของข่ายงานมีจำนวนของหน่วย (Unit) ของชั้นอินพุต ฮิดเดน และเอาต์พุต เป็น 20 10 และ 2 ตามลำดับ แต่เนื่องจากต้องการเอาต์พุตที่เป็นฟังก์ชันไม่เชิงเส้น (Nonlinear Function) ของอินพุต จึงให้ทุกๆหน่วยของข่ายงานเป็น หน่วยซิกมอยด์แบบสองขั้ว (Bipolar Sigmoid Unit) ซึ่งสามารถให้ฟังก์ชันซิดแบ่งที่ปรับเรียบและหาอนุพันธ์ได้ โดยสามารถคำนวณเอาต์พุตได้ เป็น

$$o = \frac{2}{1 + \exp(-net)} - 1 \quad (4.1)$$

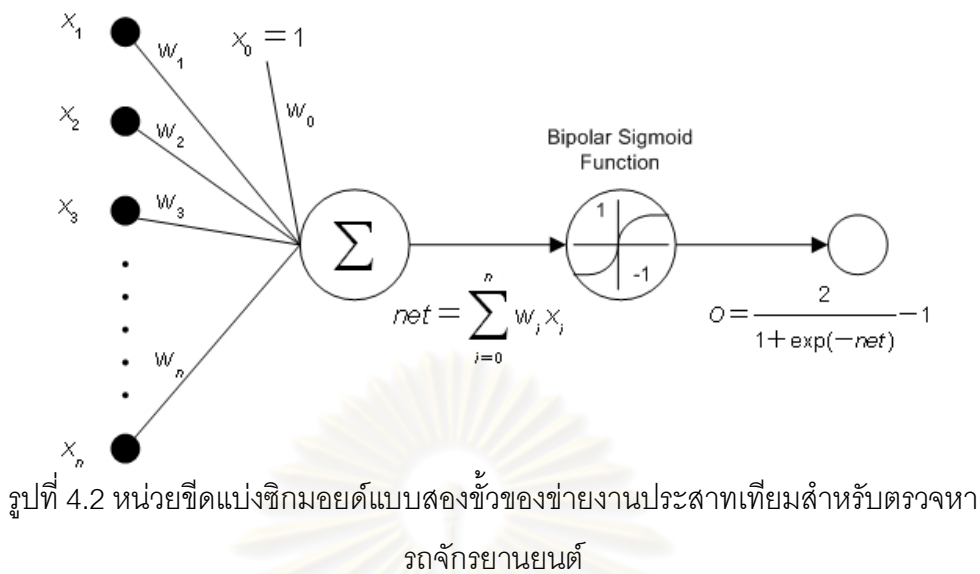
โดยที่ o คือเอาต์พุตของหน่วยหนึ่งๆ ในข่ายงาน และ net สามารถหาได้จาก

$$net = \sum_{i=0}^n w_i x_i \quad (4.2)$$

จากสมการ w_i คือค่าน้ำหนักสำหรับหน่วยหนึ่งๆ ในข่ายงาน x_i คืออินพุต ซึ่งก็คือพีเจอร์ที่ได้จากการแยกภาพขอบที่ได้จากหน้าต่างตรวจหา หรือได้จากตัวอย่างสอน และ n คือจำนวนของพีเจอร์ของแต่ละหน้าต่างตรวจหา ซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมของความกว้างและความสูงของหน้าต่างตรวจหาหรือตัวอย่างสอน



รูปที่ 4.1 ข่ายงานประสาทเทียมที่ใช้สำหรับตรวจหารถจักรยานยนต์



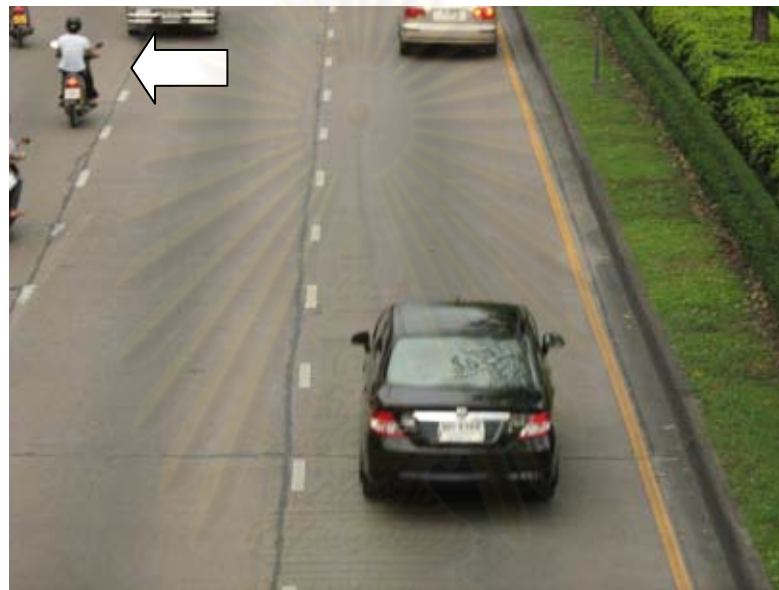
ในการเตรียมข่ายงานประสาทเทียมสำหรับใช้ในการทดลอง จะต้องกำหนดขนาดให้กับหน้าต่างตรวจหาก่อน เพราะภาพแต่ละภาพจะประกอบด้วยรถจักรยานยนต์หลายๆ คัน และหลายๆ ขนาด จึงต้องใช้หน้าต่างตรวจหา และข่ายงานประสาทเทียมหลายๆ ขนาด ในการประมวลผล

ดังนั้นต้องหาขนาดเล็กที่สุด และใหญ่ที่สุดของรถจักรยานยนต์ ที่เป็นไปได้ก่อน โดยการถ่ายภาพรถจักรยานยนต์ที่วิ่งผ่านด้านบนสุดของภาพ ก็จะได้ภาพรถจักรยานยนต์ที่เล็กที่สุด และถ่ายภาพรถจักรยานยนต์ที่วิ่งผ่านด้านล่างสุดของภาพ ก็จะได้ภาพรถจักรยานยนต์ที่ใหญ่ที่สุด สำหรับการหาขนาดนั้น จะวัดความสูงของรถจักรยานยนต์ จากส่วนที่ต่ำสุดคือล้อรถ และสูงที่สุดคือศีรษะหรือหมวกนิรภัยของผู้ขับขี่ เมื่อได้ข้อมูลทั้งสองแล้ว ก็จะสามารถกำหนดขนาดของหน้าต่างตรวจหาที่จะใช้ในการทดลองได้ทั้งหมด โดยจะเริ่มตั้งแต่มุมหน้าต่างตรวจหาเล็กสุดสำหรับใช้กับรถจักรยานยนต์ที่วัดได้เล็กสุด เพิ่มขนาดไปเรื่อยๆ จนถึงหน้าต่างตรวจหาที่ใหญ่ที่สุด สำหรับใช้กับรถจักรยานยนต์ที่วัดได้ใหญ่ที่สุด ซึ่งในการทดลองนี้ จะเพิ่มขนาดแต่ละครั้ง ให้ได้ 5 หน้าต่างตรวจหา แต่ละหน้าต่างตรวจหาที่ได้นี้ ก็จะถูกนำไปกำหนดขนาดให้กับแต่ละข่ายงานประสาทเทียม ซึ่งก็จะมี 5 ข่ายงานประสาทเทียม เช่นเดียวกัน

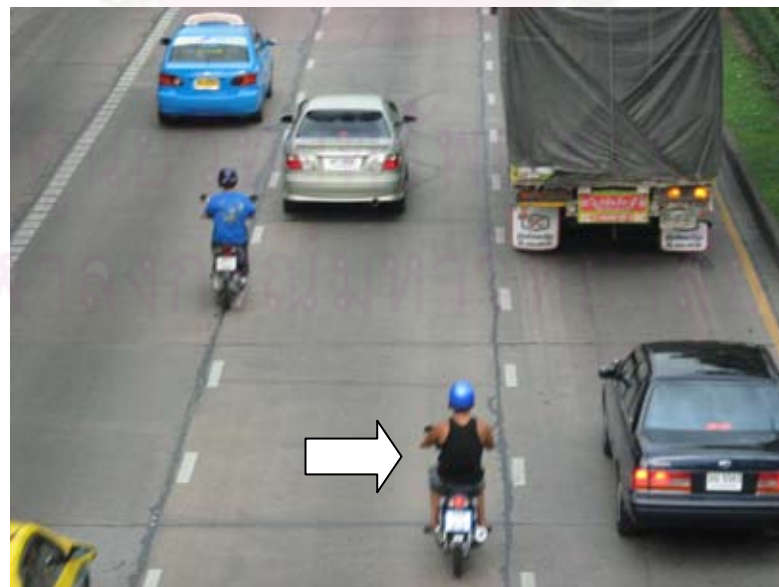
แต่เนื่องจากความสูงของรถจักรยานยนต์แต่ละคันมีค่าไม่เท่ากัน ขึ้นกับชนิดของรถจักรยานยนต์ นอกจากนั้นศีรษะของผู้ขับ แต่ละคน ก็ทำให้ความสูงที่วัดได้ไม่เท่ากันอีกด้วย ดังนั้น หน้าต่างตรวจหาจึงต้องกำหนดขนาดให้ใหญ่กว่าขนาดของรถจักรยานยนต์ที่วัดได้ ซึ่งในที่นี้จะกำหนดให้ใหญ่กว่า 10 % ของความสูงเฉลี่ยของรถจักรยานยนต์

ต่อไปเป็นการสอนช่างานเปรียบเทียบที่จะใช้ในการทดลอง ช่างานทั้งหมดจะถูกสอนด้วยพีเจอรี่ที่ได้จากภาพรถจักรยานยนต์ขนาดต่างๆขึ้นกับว่าช่างานนั้นใช้กับรถจักรยานยนต์ ที่มีขนาดเท่าไร

จากการวัดขนาดของรถจักรยานยนต์ในภาพตัวอย่างพบว่าความสูงของรถจักรยานยนต์ สูงสุด และต่ำสุด คือ 407 และ 233 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.3



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.3 ภาพตัวอย่างรถจักรยานยนต์ที่มีความสูง (ก) ต่ำสุด และ (ข) สูงสุด

จากที่กล่าวมาข้างต้นว่า ขนาดของรถจักรยานยนต์ที่วัดได้นั้น แต่ละคันจะมีความสูงไม่เท่ากัน ขึ้นกับชนิดของรถจักรยานยนต์ นอกจากนั้นสรีระของผู้ขับ แต่ละคน ก็ทำให้ความสูงที่วัดได้ไม่เท่ากันอีกด้วย ดังนั้น หน้าต่างตรวจหาจึงต้องกำหนดขนาดให้ใหญ่กว่าขนาดของรถจักรยานยนต์ที่วัดได้ จึงกำหนดให้ใหญ่กว่า 10 % ของความสูงเฉลี่ยของรถจักรยานยนต์ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$\begin{aligned} & \text{ความสูงหน้าต่างตรวจหา เมื่อเพิ่มขนาด 10\% ของความสูงเดิม} \\ & = (\text{ความสูงหน้าต่างตรวจหาเดิม} \times 0.1) + \text{ความสูงหน้าต่างตรวจหาเดิม} \end{aligned}$$

ดังนั้นจะได้หน้าต่างตรวจหาใหญ่สุด มีความสูงเป็น $(407 \times 0.1) + 447.7 \approx 448$ พิกเซล และหน้าต่างตรวจหาเล็กสุด มีความสูงเป็น $(233 \times 0.1) + 233 = 256.3 \approx 256$ พิกเซล

ต่อไปจะเรียก หน้าต่างตรวจหาใหญ่สุดว่า โซน 1 และเรียก หน้าต่างตรวจหาเล็กสุดว่า โซน 5 เพื่อความสะดวกในการอธิบาย และถ้าหากต้องการให้มีหน้าต่างตรวจหา ทั้งหมด 5 ขนาด สามารถหาความสูงของขนาดหน้าต่างตรวจหาที่เหลือได้ ดังนี้

ความแตกต่างของความสูงระหว่างแต่ละหน้าต่างตรวจหา สามารถหาได้จาก (ความสูงของหน้าต่างตรวจหาสูงสุด - ความสูงของหน้าต่างตรวจหาต่ำสุด) หารด้วย จำนวนระยะหน้าต่างตรวจหาทั้งหมด ซึ่งก็คือ $(448 - 256) / 4 = 48$ นำค่านี้ไปหาหน้าต่างตรวจหา โซน 2, 3 และ 4 โดยการบวกค่านี้กับความสูงของหน้าต่างตรวจหาก่อนหน้า จะได้

$$\text{หน้าต่างตรวจหา โซน 2 จะมีความสูง เป็น } 256 + 48 = 304 \text{ พิกเซล}$$

$$\text{หน้าต่างตรวจหา โซน 3 จะมีความสูง เป็น } 304 + 48 = 352 \text{ พิกเซล}$$

$$\text{หน้าต่างตรวจหา โซน 4 จะมีความสูง เป็น } 352 + 48 = 400 \text{ พิกเซล}$$

ต่อไปต้องหาความกว้างของหน้าต่างตรวจหา ทั้งหมด ซึ่งในการที่จะหาได้ต้องรู้ อัตราส่วนเฉลี่ยของความสูงต่อความกว้าง ของรถจักรยานยนต์ก่อน เพื่อที่จะหาอัตราส่วนดังกล่าว จึงได้วัดขนาดความสูง และความกว้างของรถจักรยานยนต์จริง จากภาพที่ถ่ายจากการจราจรจริง จำนวน 100 คัน ซึ่งได้แสดงตารางที่ ก ในภาคผนวก ก

จากตารางที่ ก ในภาคผนวก ก ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยระหว่างความสูง และความกว้าง ของรถจักรยานยนต์ คือ (ผลรวมของอัตราส่วนความสูงและความกว้างของรถจักรยานยนต์ทั้งหมด) / (จำนวนรถจักรยานยนต์ทั้งหมด) = 2.3 ซึ่งเมื่อรู้ค่านี้แล้ว สามารถนำมาหาความกว้างของหน้าต่างตรวจหาแต่ละโซนได้ ดังนี้

ความกว้างของหน้าต่างตรวจหา เท่ากับ ความสูงของหน้าต่างตรวจหาหารด้วย อัตราส่วนเฉลี่ยระหว่าง ความสูง กับความกว้าง ของรถจักรยานยนต์ ซึ่งจะได้

หน้าต่างตรวจหา โชน1 สูง 256 พิกเซล จะได้ความกว้างเป็น

$$256/2.3 = 111.3043 \approx 111 \text{ พิกเซล}$$

หน้าต่างตรวจหา โชน2 สูง 304 พิกเซล จะได้ความกว้างเป็น

$$304/2.3 = 132.1739 \approx 132 \text{ พิกเซล}$$

หน้าต่างตรวจหา โชน3 สูง 352 พิกเซล จะได้ความกว้างเป็น

$$352/2.3 = 153.0435 \approx 153 \text{ พิกเซล}$$

หน้าต่างตรวจหา โชน4 สูง 400 พิกเซล จะได้ความกว้างเป็น

$$400/2.3 = 173.9130 \approx 174 \text{ พิกเซล}$$

หน้าต่างตรวจหา โชน5 สูง 448 พิกเซล จะได้ความกว้างเป็น

$$448/2.3 = 194.7826 \approx 195 \text{ พิกเซล}$$

เมื่อได้ขนาดหน้าต่างตรวจหาทั้งหมดแล้ว ก็สามารถรู้จำนวนพีเจอร์ของ ข่ายงานประสาทเทียม ซึ่งก็คือ

จำนวนพีเจอร์ของข่ายงานประสาทเทียม เท่ากับ จำนวนพิกเซลของความสูง บวกจำนวนพิกเซลของความกว้าง ของหน้าต่างตรวจหา ที่จะใช้กับข่ายงานประสาทเทียมนั้น

จากที่กล่าวมาทั้งหมดสามารถสรุปข้อมูลทั้งหมดของ หน้าต่างตรวจหา และข่ายงานประสาทเทียมได้ ดังตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลโดยสรุปทั้งหมดของหน้าต่างตรวจหาและข่ายงานประสาทเทียมที่จะใช้ในการทดลองนี้

ลำดับหน้าต่างตรวจหา	ขนาดหน้าต่างตรวจหา (พิกเซล)		จำนวนพีเจอร์ของแต่ละข่ายงานประสาทเทียม
	สูง	กว้าง	
1	256	111	367
2	304	132	436
3	352	153	505
4	400	174	574
5	448	195	643

หมายเหตุ หน้าต่างตรวจหา ลำดับ 1 คือตำแหน่งที่อยู่ไกลจากกล้องมากที่สุด และหน้าต่างตรวจหา ลำดับ 5 คือตำแหน่งที่อยู่ใกล้กล้องมากที่สุด

สำหรับระยะการกราดตรวจของหน้าต่างตรวจหาแต่ละลำดับในตารางที่ 4.1 นั้น ได้กำหนดตามจำนวนของหน้าต่างตรวจหาที่มีอยู่ ซึ่งก็คือแบ่งภาพออกเป็น 5 ส่วนตามแนวนอน เท่าๆ กัน ยกเว้นลำดับที่ 1 ที่กำหนดให้มีความสูงเท่ากับหน้าต่างตรวจหา การกราดตรวจเมื่ออยู่ ณ ตำแหน่งใดของภาพ ก็จะยึดตามด้านล่างสุดของหน้าต่างตรวจหาว่าจะใช้หน้าต่างตรวจหา ไชนใด

4.4 การจัดการหน้าต่างตรวจหา สำหรับการตรวจหาป้ายทะเบียนของรถจักรยานยนต์

เริ่มด้วยการหาอัตราส่วนเฉลี่ยระหว่างความสูงของรถจักรยานยนต์กับความกว้างของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ และนำอัตราส่วนนี้ เป็นอัตราส่วนอ้างอิง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับความสูงของหน้าต่างตรวจหาของรถจักรยานยนต์ที่ต้องการ เพื่อหาความกว้างของหน้าต่างตรวจหาของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์นั้นๆ

ต่อไปจะหาอัตราส่วนเฉลี่ยระหว่างความกว้างกับความยาวของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์โดยทั่วไป เพื่อนำอัตราส่วนนี้ ไปหาความยาวของหน้าต่างตรวจหาป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์

เพื่อที่หาอัตราส่วนเฉลี่ยระหว่างความสูงของรถจักรยานยนต์กับความกว้างของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ และหาอัตราส่วนเฉลี่ยระหว่างความยาวกับความกว้างของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ จะทำโดยการวัดขนาดต่างๆ จากภาพรถจักรยานยนต์ที่มีป้ายทะเบียนอยู่ จำนวน 100 คัน ดังแสดงตารางที่ ข ในภาคผนวก ข

จากตารางที่ ข-1 ในภาคผนวก ข สามารถหาอัตราส่วนเฉลี่ยระหว่างความสูงของรถจักรยานยนต์กับความกว้างของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ เป็น 9.23 และอัตราส่วนเฉลี่ยระหว่างความยาวกับความกว้างของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ เป็น 1.28 ดังนั้น สามารถคำนวณหาขนาดของหน้าต่างตรวจหาของป้ายทะเบียน สำหรับแต่ละขนาดหน้าต่างตรวจหา รถจักรยานยนต์ ได้ดังแสดงใน ตารางที่ 4.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ขนาดของหน้าต่างตรวจหา รถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์

หน้าต่างตรวจหา (พิกเซล)			
รถจักรยานยนต์		ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	
กว้าง	สูง	กว้าง	ยาว
111	256	28	36
132	304	33	42
153	352	38	49
174	400	43	56
195	448	49	62

ข้อสังเกตเพิ่มเติม ตามกฎกระทรวงกำหนดลักษณะ ขนาด และสีของแผ่นป้ายทะเบียนรถ พ.ศ. 2547 กำหนดขนาดป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ ให้มีความกว้าง 17.20 เซนติเมตร และความยาว 22 เซนติเมตร เมื่อนำมาหาอัตราส่วนความยาว ต่อความกว้าง จะได้ $22/17.2 = 1.28$ ซึ่งพบว่าตรงกับ ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของความยาวต่อความกว้างของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ ตามที่เก็บข้อมูลจริงข้างต้น ที่ได้เป็น 1.28 เช่นเดียวกัน

4.5 การสอนช่างานประสาทเทียมจากตัวอย่างสอน

ภาพรถจักรยานยนต์ และภาพที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ ที่มีขนาดเท่ากับแต่ละขนาดของหน้าต่างตรวจหาที่ได้คำนวณไว้ ถูกนำมาใช้เป็นตัวอย่างสอนให้กับช่างานประสาทเทียม โดยใช้อัลกอริทึมการแพร่กระจายย้อนกลับในการเรียนรู้ของช่างาน ตัวอย่างสอนที่เป็นภาพที่มีรถจักรยานยนต์อยู่ทีนำไปใช้กับหน้าต่างตรวจหาแต่ละขนาดจะเหมือนกันทุกชุด ต่างกันที่ขนาดเท่านั้น ส่วนตัวอย่างสอนที่เป็นภาพที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่นั้น จะมีทั้งหมด 2237 ภาพ ขึ้นกับว่าตัวอย่างสอนชุดใดใช้มากน้อยเท่าไร แต่จะต่างกันที่ขนาดเท่านั้น สาเหตุที่ตัวอย่างสอนของภาพที่ไม่มีรถจักรยานยนต์ไม่เท่ากันทั้งหมด เพราะเมื่อสอนช่างานประสาทเทียมและทดสอบแล้วได้ผลเป็นที่น่าพอใจ จะหยุด ไม่สอนทั้งหมด เพื่อให้การสอนช่างานเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว แต่ถ้าได้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ ก็จะมีเพิ่มตัวอย่างสอนให้มากขึ้นเรื่อยๆ นั่นเอง ภาพทั้งหมดถูกแสดงในภาคผนวก ข สำหรับจำนวนตัวอย่างสอนที่ได้ใช้ไป เป็นดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 จำนวนตัวอย่างสอนที่ใช้กับข่ายงานประสาทเทียม สำหรับแต่ละหน้าต่างตรวจหา

ขนาดหน้าต่างตรวจหา (พิกเซล)		จำนวนตัวอย่างสอน	
สูง	กว้าง	ภาพรถจักรยานยนต์	ภาพที่ไม่มีรถจักรยานยนต์
256	111	308	1486
304	132	308	1480
352	153	308	2237
400	174	308	1746
448	195	308	1679

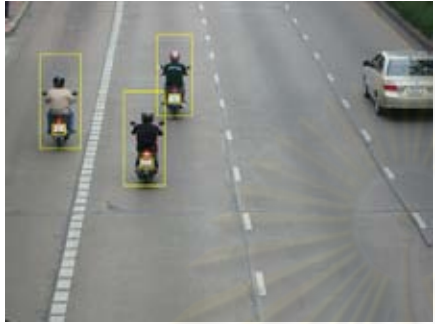
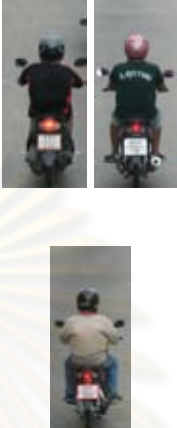










4.6 ผลการทดลองของ การตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์

ภาพนิ่งการจราจร จำนวน 105 ภาพ ที่มีรถจักรยานยนต์อยู่ ถูกนำมาทดลอง ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

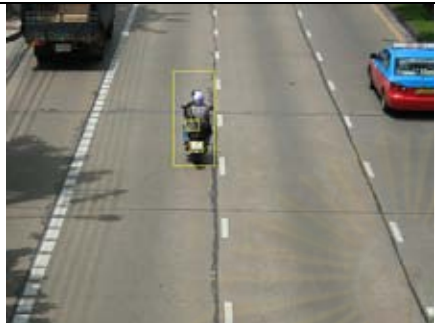






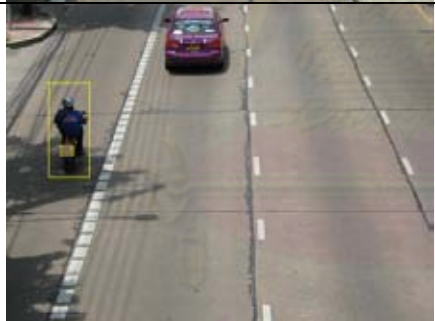


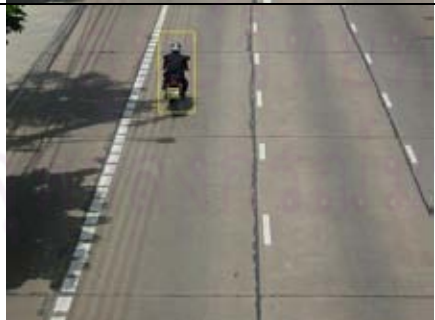


ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์การตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m001				-

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)
















ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดพลาด เชิงบวก
m002				-
m003				-
m004				-
m005				-

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m006				
m007				-
m008				-
m009				-













หมายเหตุ ความผิดพลาดของ m006 เกิดจากเสื้อของคนมีความสว่าง และมีความแปรปรวนมาก ส่วน m007 เกิดจากเส้นถนน ซ้อนทับกับรถจักรยานยนต์ ทำให้เมื่อหาขอบแล้วมีรูปร่างผิดเพี้ยนไป

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

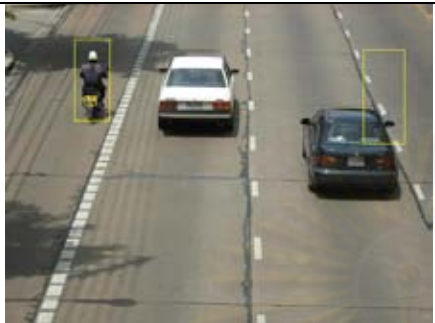











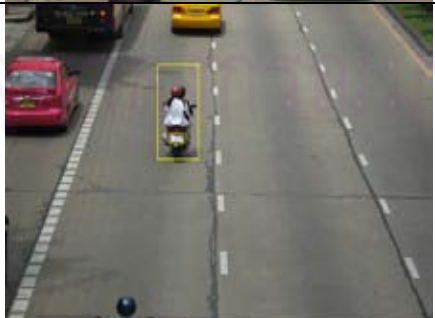


ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m010				-
m011		 	 	
m012				-
m013				-

หมายเหตุ ความผิดพลาดใน m011 เกิดจากทำรถจักรยานยนต์มีความสว่างคล้ายป้ายทะเบียน

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)










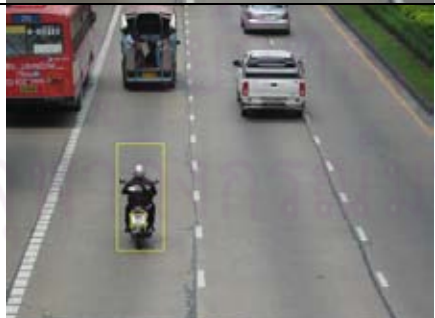


ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m014				-
m015				-
m016				-
m017				-

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)



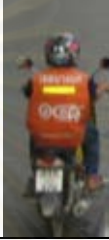











ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m018				
m019		 	 	-
m020				-
m021				-

หมายเหตุ เกิดความผิดพลาดในภาพ m018 เนื่องจากบริเวณด้านข้างของรถยนต์เมื่อแปลงภาพให้เป็นฐานสอง จะมีลักษณะระฆังคว่ำทำให้เกิดความผิดพลาด

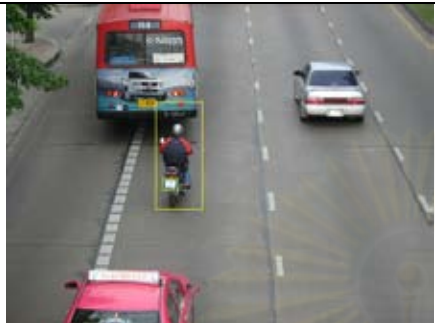











ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m022				-
m023				-
m024				-
m025				-

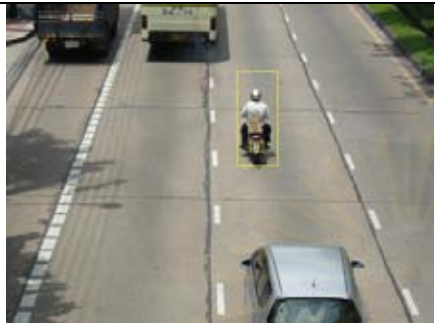








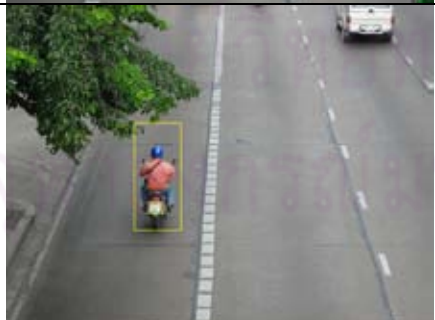


ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m026		 	 	-
m027				-
m028				-
m029				-




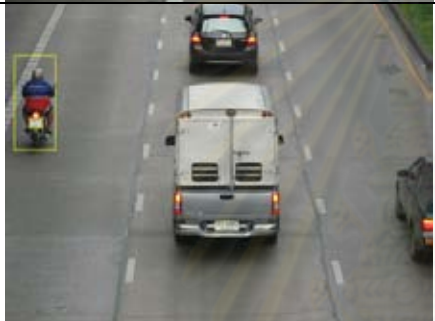











ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m030				-
m031				-
m032				-
m033				-

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)




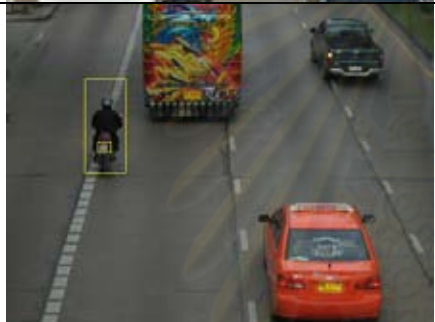








ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m034				-
m035				-
m036				-
m037				-

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

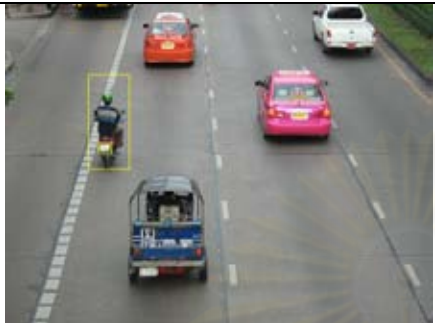


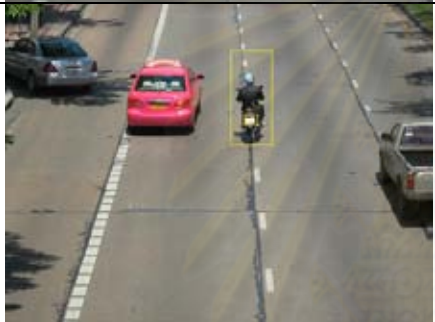


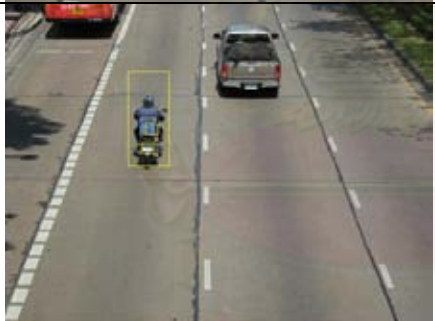






ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดปกติเชิงบวก
m038				-
m039				-
m040				
m041		 	 	-

หมายเหตุ ในภาพ m040 เกิดความผิดปกติ เนื่องจากไฟท้ายรถมีความสว่าง และเมื่อแปลงเป็นภาพระดับเทาจะมีความแปรปรวนของระดับเทาแตกต่างกันหลายระดับ

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)




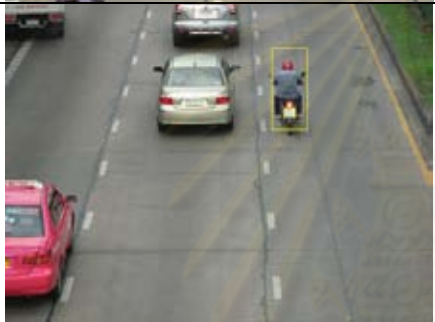


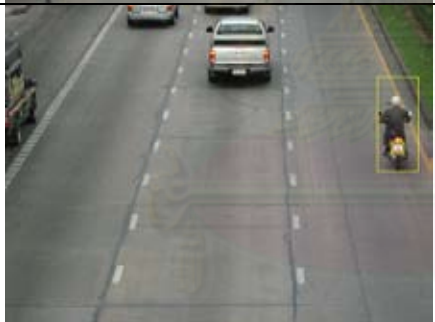






ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m042				-
m043				-
m044				-
m045				-

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m046				-
m047				-
m048				
m049				-

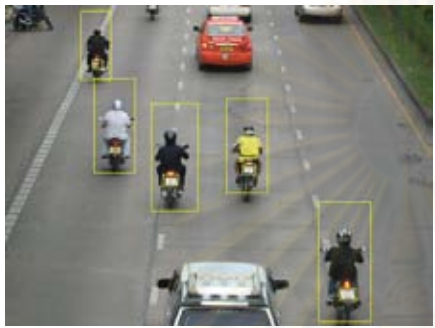










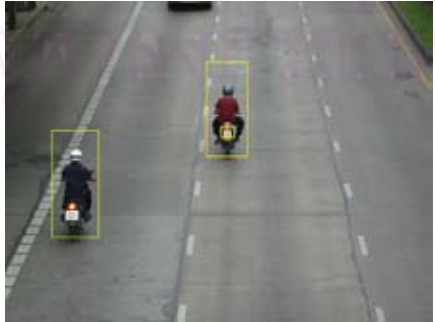



หมายเหตุ ภาพ m048 เกิดความผิดพลาด เนื่องจากตะแกรงท้ายรถจักรยานยนต์มีลวดลายที่ทำให้
 ค่าระดับเทาแปรปรวนมาก

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m050				-
m051				-
m052				-
m053				













หมายเหตุ ความผิดพลาดในภาพ m053 เกิดจากกระเป๋าท้ายรถจักรยานยนต์มีอักษรคล้ายป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m054		  	   	-
m055				-
m056		 		-







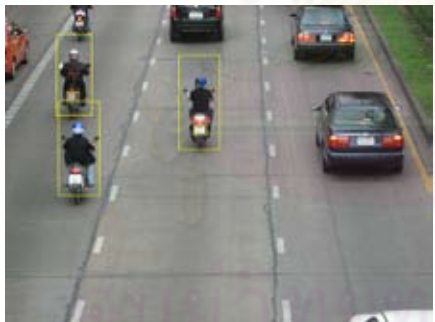







หมายเหตุ เกิดความผิดพลาดในภาพ m056 สำหรับภาพ m054 เนื่องจากตัวอักษรบนป้ายทะเบียนกลมกลืนกับแผ่นป้ายจนมีความแตกต่างของระดับเท่านั้น

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m057				-
m058				-
m059				-
m060				-

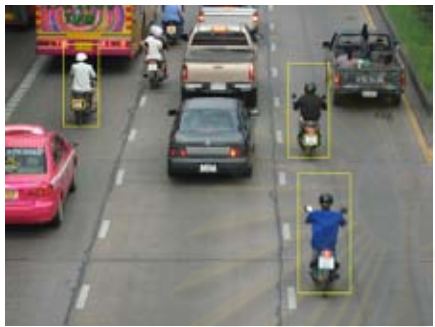
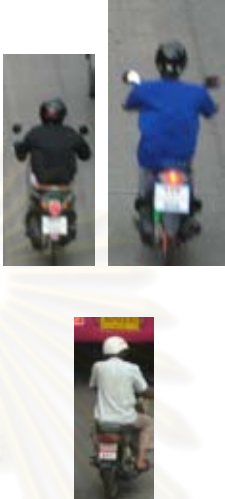

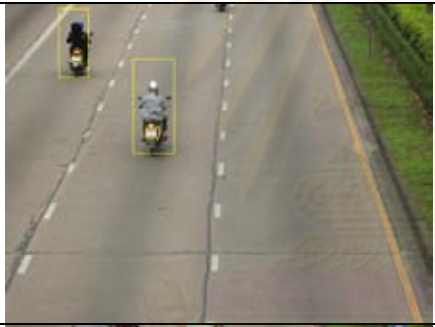
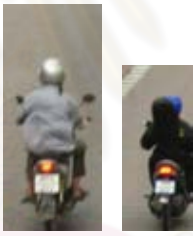
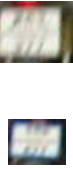






หมายเหตุ ความผิดพลาดในภาพ m058 เนื่องจากอักษรบนป้ายทะเบียนกลมกลืนกับแผ่นป้าย จนมีความแตกต่างของระดับเท่านั้น

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m061				-
m062				-
m063		 	 	-
m064				-

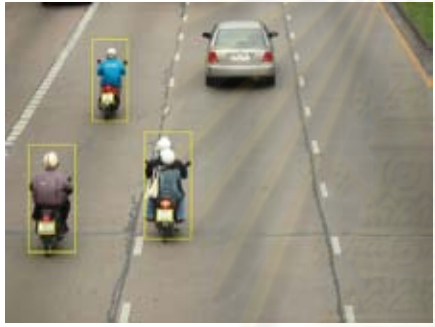
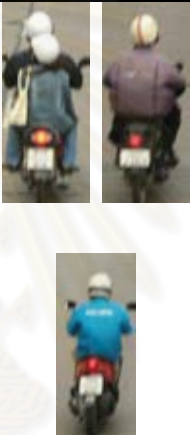

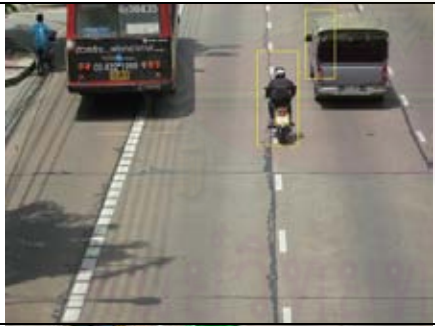






หมายเหตุ ความผิดพลาดในการตรวจหาป้ายทะเบียนในภาพ m063 เกิดจากอักขระมีความแตกต่างของระดับเทาน้อยเกินไป

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m065				-
m066				-
m067				-
m068				-




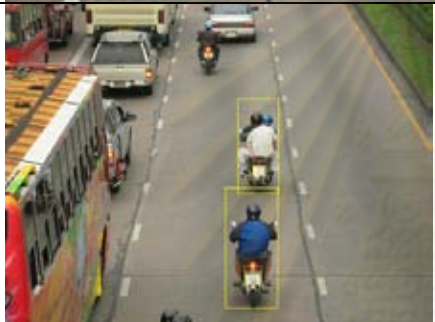






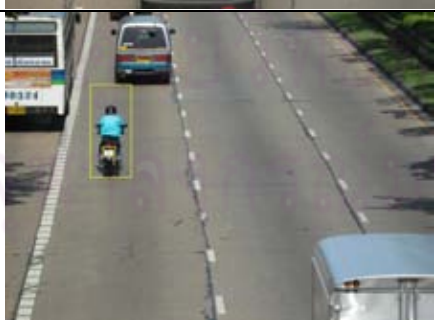


หมายเหตุ ความผิดพลาดในการตรวจหาป้ายทะเบียนในภาพ m065 เกิดจากอักขระมีความแตกต่างของระดับเทาน้อยเกินไป สำหรับการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่พบ ในภาพ m065 เพราะเกิดการซ้อนทับกันของรถจักรยานยนต์อีกคันทำให้รถจักรยานยนต์ที่ต้องการตรวจหาไม่มีรูปร่างที่ผิดพลาดไป

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m069				-
m070				
m071				-

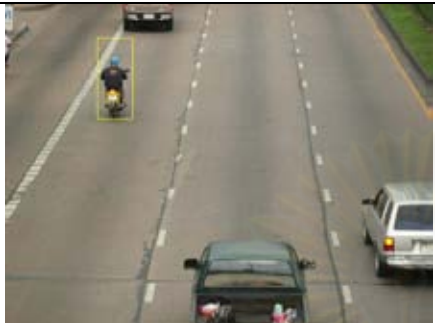






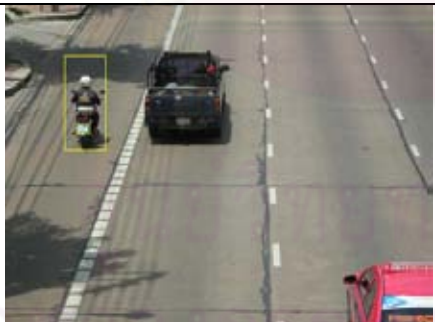


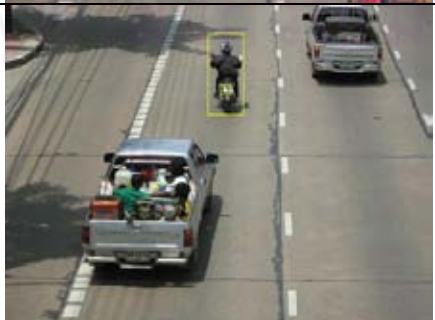


หมายเหตุ ภาพ m070 เกิดความผิดพลาดเนื่องจากด้านข้างของรถยนต์เมื่อเป็นภาพฐานสองจะมีลักษณะเป็นรูปประหลาด

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m072				-
m073			 	-
m074				-
m075				-








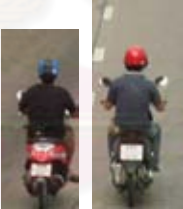

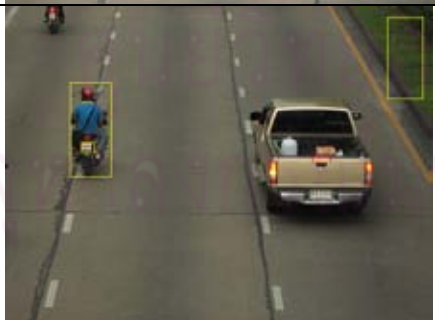



หมายเหตุ ภาพ m073 ตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่พบเนื่องจากซ้อนทับกับรถยนต์ทำให้รูปร่างรถจักรยานยนต์เปลี่ยนแปลงไป

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m076				-
m077		 		-
m078				-
m079				-














หมายเหตุ ความผิดพลาดในภาพ m077 เนื่องจากอักขระบนป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์คลมกลืนกับแผ่นป้ายทำให้ความแตกต่างระหว่างระดับเทามีค่าน้อย

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m080				-
m081				-
m082				-
m083				

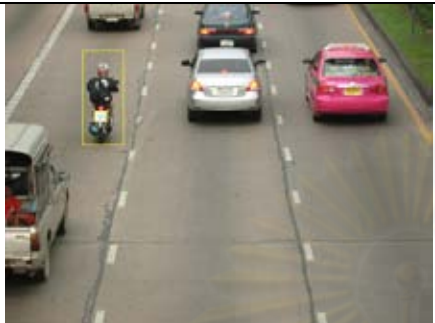











หมายเหตุ ภาพ m083 เกิดความผิดพลาดเนื่องจากแสงสว่างในการถ่ายภาพไม่เพียงพอ ทำให้ภาพมีดีกว่าปกติ จึงตรวจหาผิดพลาดตำแหน่ง

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหา รถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)







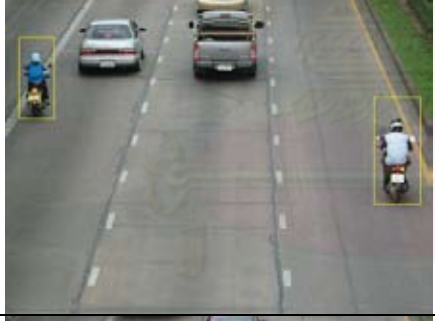






ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m084				-
m085				-
m086				
m087				-

หมายเหตุ ภาพ m086 เกิดความผิดพลาดเนื่องจากกระจกหน้าต่างด้านข้างรถยนต์ มีสีดำ เมื่อเป็นภาพฐานสองจะมีลักษณะระงังคว่ำ

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)








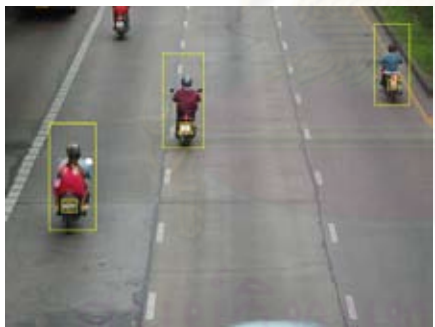
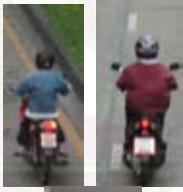







ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m088				-
m089				-
m090				-
m091				-

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m092				-
m093				-
m094				-
m095				




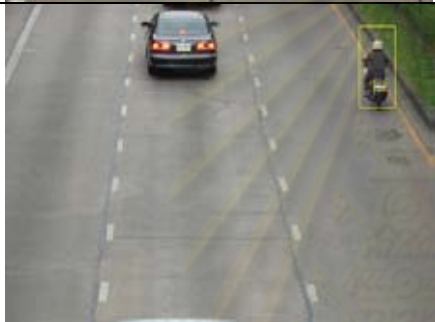


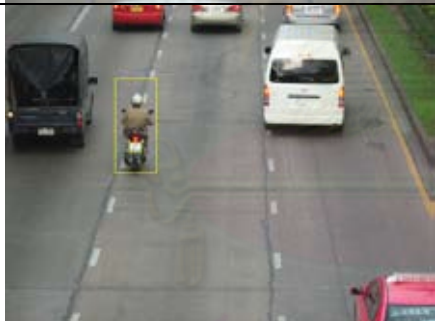





หมายเหตุ ภาพ m092 ตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่พบ เนื่องจากเกิดการซ้อนทับกันกับรถยนต์ทำให้รูปร่างของรถจักรยานยนต์ผิดเพี้ยนไป สำหรับภาพ m094 ความผิดพลาดเกิดจากอักษรบนป้ายทะเบียนมีความคมชัดไม่พอทำให้ตรวจหาไม่พบ และภาพ m095 ผิดพลาดเนื่องจากด้านข้างหน้าต่างรถยนต์เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้วจะมีลักษณะเป็นระฆังคว่ำ

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m096				
m097				-
m098		 	  	-
m099				-


หมายเหตุ ภาพ m096 ผิดพลาดเนื่องจากด้านข้างหน้าต่างรถยนต์เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้วจะมีลักษณะเป็นระฆังคว่ำ

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m100				-
m101				-
m102				-
m103				-

หมายเหตุ ความผิดพลาดของ m103 เกิดจากเส้นถนนซ้อนทับกับรถจักรยานยนต์ ทำให้เมื่อหาขอบแล้วมีรูปร่างผิดเพี้ยนไป

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
m104				-
m105				-

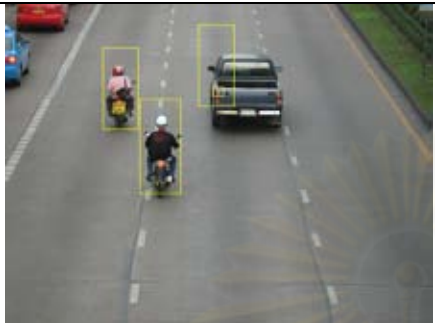




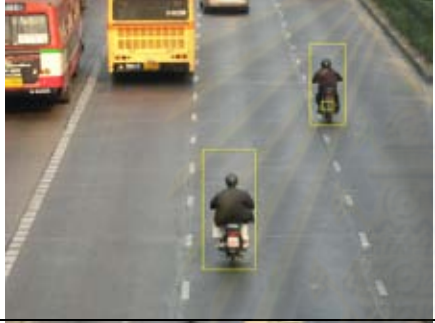
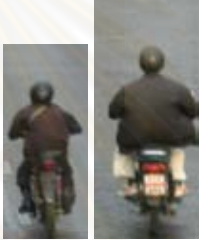





4.7 ผลการทดลองของ การตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน

ภาพนี้เป็นการจรวจ จำนวน 100 ภาพ ที่มีรถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน อยู่ ถูกนำมาทดลอง ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน

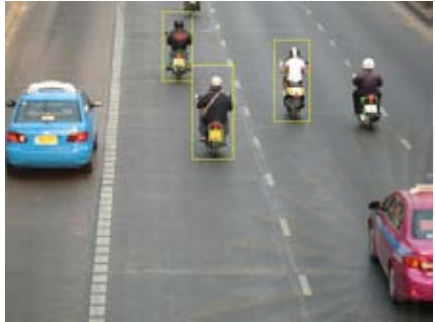
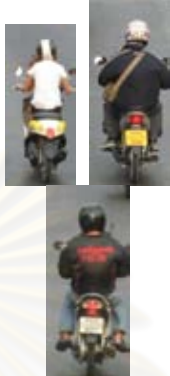

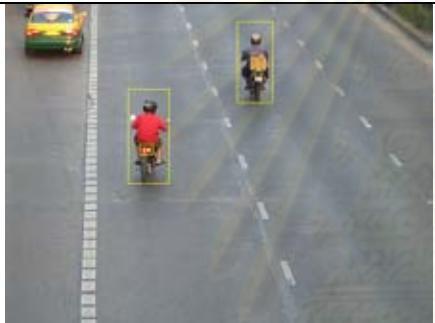


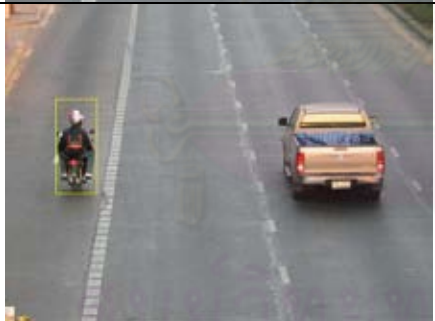

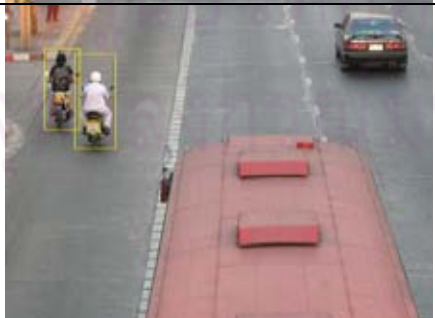



ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
w001			-	-

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดปกติ เชิงบวก
w002				 
w003			-	
w004			-	-
w005			-	-

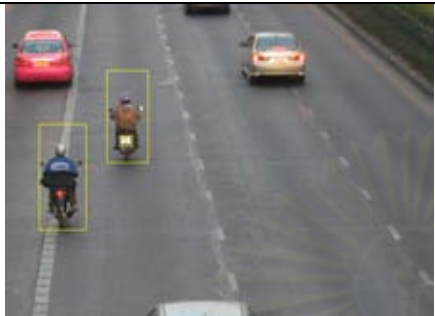


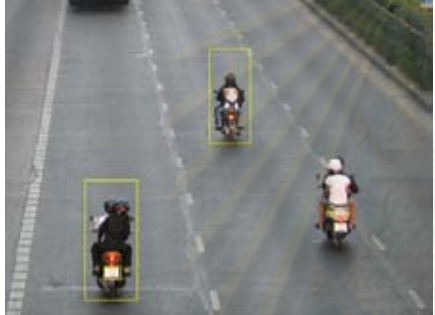




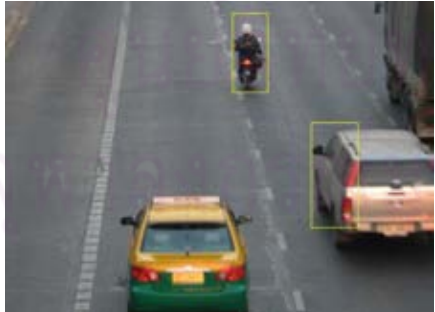

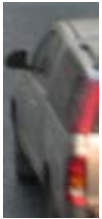
หมายเหตุ ภาพ w002 เกิดความผิดปกติเนื่องจากด้านข้างรถยนต์ เมื่อเป็นภาพฐานสองจะมีลักษณะคล้ายระฆังคว่ำ สำหรับภาพ w003 เนื่องจากมีแสงสว่างส่องไปที่ท้ายรถจักรยานยนต์ทำให้เกิดความผิดปกติ และภาพ w004 เกิดความผิดปกติเนื่องจากรถจักรยานยนต์ที่ตรวจไม่พบมีการบรรทุกของที่บดบังคนขับทำให้รูปร่างรถจักรยานยนต์ผิดเพี้ยนไป

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดปกติ เชิงบวก
w006				-
w007				-
w008			-	-
w009				

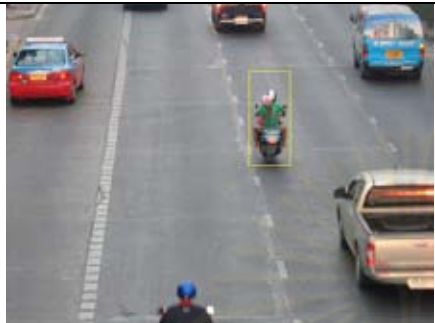



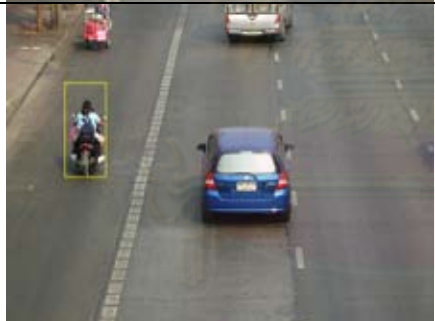



หมายเหตุ ภาพ w007 ไฟท้ายมีความสว่างเป็นดวง ทำให้ผ่านตัวกรองหายไปได้ และภาพ w009 ความผิดปกติเกิดจากไฟท้ายรถจักรยานยนต์สว่าง ทำให้ผ่านตัวกรองแบบหายไปได้

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)



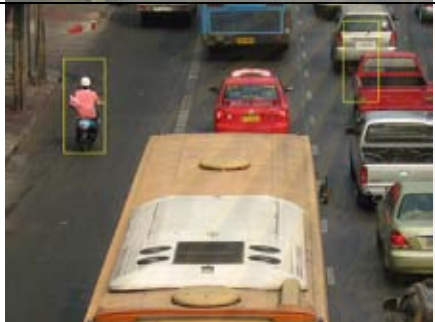







ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดพลาด เชิงบวก
w010				-
w011				-
w012			-	-
w013			-	

หมายเหตุ ภาพ w011 เกิดความผิดพลาด เพราะแสงสว่างของภาพไม่เพียงพอเนื่องจากถ่ายในเวลาเย็น ทำให้รถจักรยานยนต์บางคันเมื่อเป็นภาพฐานสองแล้ว จะไม่เป็นรูปประจักษ์คว่ำและภาพ w013 เกิดความผิดพลาดเนื่องจากด้านข้างของรถยนต์ เมื่อเป็นภาพฐานสองจะมีลักษณะเป็นระฆังคว่ำ

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

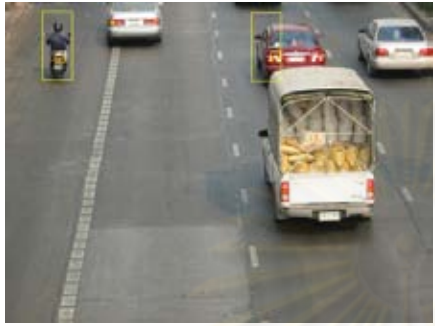




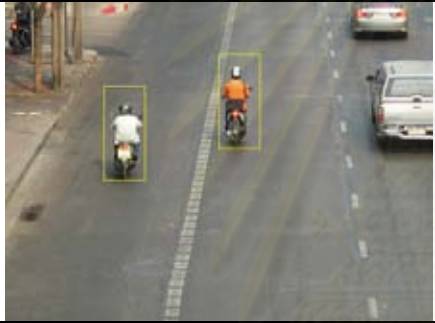




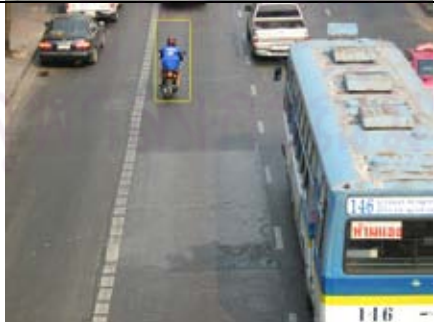

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดพลาด เชิงบวก
w014			-	-
w015			-	-
w016			-	-
w017			-	-

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดปกติ เชิงบวก
w018			-	-
w019			-	
w020			-	
w021			-	-



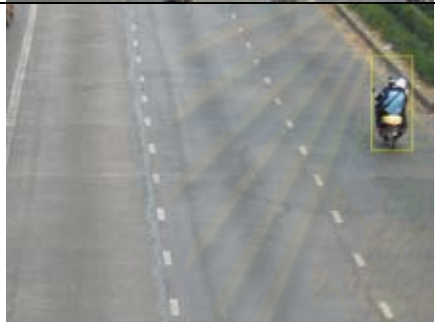

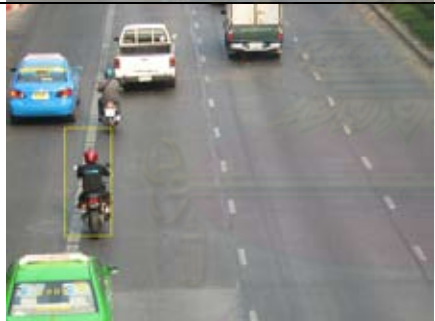



หมายเหตุ ภาพ w018 รถจักรยานยนต์ที่ตรวจหาไม่พบ เนื่องจากเกิดการซ้อนทับกับเส้นแบ่งช่องจราจร ทำให้รูปร่างรถจักรยานยนต์เกิดความผิดเพี้ยนไป ภาพ w019 ตรวจพบด้านข้างรถยนต์ เนื่องจาก เมื่อเป็นภาพฐานสองจะมีลักษณะเป็นระฆังคว่ำและภาพ w020 ความผิดปกติของการตรวจหาป้ายทะเบียนเกิดจาก แสงแดดส่องไปยังท้ายรถจักรยานยนต์ทำให้เกิดการสะท้อนของท่อไอเสีย จึงผ่านตัวกรองแบบหยาบไปได้

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดปกติ เชิงบวก
w022			-	  
w023				-
w024			-	-
w025			-	-





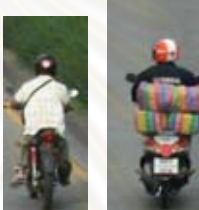



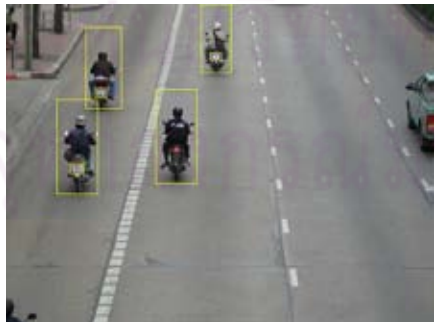
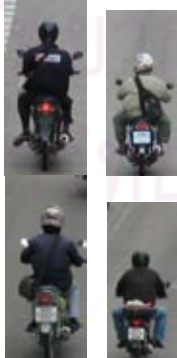

หมายเหตุ ภาพ w022 ความผิดปกติของการตรวจหาป้ายทะเบียนเกิดจาก แสงแดดส่องไปยังท้ายรถจักรยานยนต์ทำให้เกิดการสะท้อนของท่อไอเสีย จึงผ่านตัวกรองแบบหยาบไปได้ สำหรับการตรวจหาผิดปกติในตำแหน่งด้านข้างของรถยนต์ ในภาพ w022 เกิดจากเมื่อเป็นภาพฐานสองจะมีลักษณะเป็นระฆังคว่ำ

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

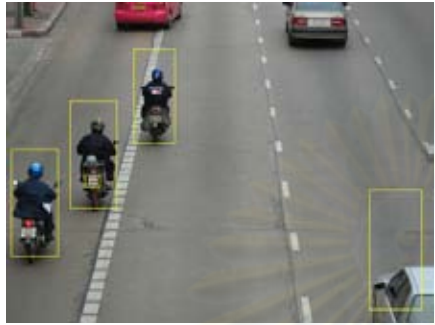



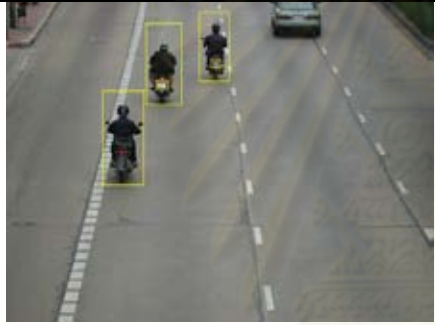



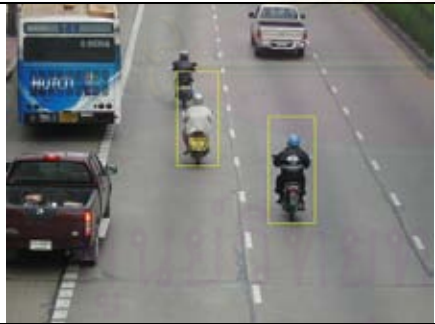




ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดพลาด เชิงบวก
w026			-	-
w027			-	-
w028			-	-
w029			-	-

หมายเหตุ ภาพ w028 ตรวจหาไม่พบรถจักรยานยนต์เนื่องจากเกิดการซ้อนทับกันของเส้นแบ่งช่องจราจร รถจักรยานยนต์และรถยนต์ ทำให้รถจักรยานยนต์ที่ตรวจหามีรูปร่างผิดเพี้ยนไป สำหรับภาพ w029 ตรวจหาไม่พบป้ายทะเบียนเพราะป้ายทะเบียนมีขนาดเล็กกว่าปกติ และอักขระมีความแตกต่างของค่าระดับเทาน้อย

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

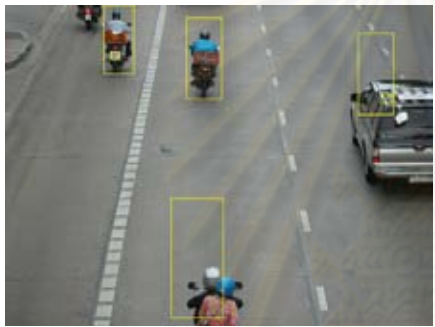


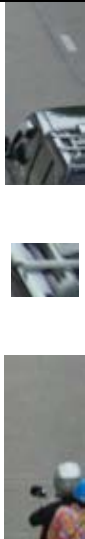
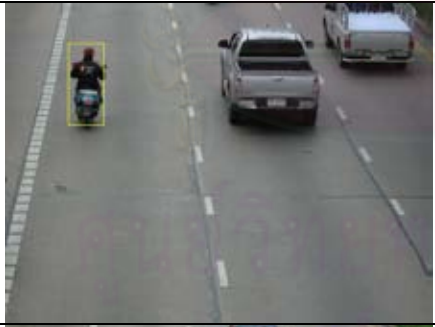




ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดปกติ เชิงบวก
w030			-	
w031				-
w032			-	-
w033				-

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดปกติ เชิงบวก
w034				
w035			 	-
w036				-
w037			-	-

หมายเหตุ ภาพ w034 ความผิดพลาดเกิดจากกระจกรถยนต์มีสีดำ เมื่อเป็นภาพฐานสองจะมีลักษณะรูปร่างเป็นระฆังคว่ำและภาพ w036 ความผิดพลาดเกิดจากการซ้อนทับกันของรถจักรยานยนต์ทำให้รูปร่างของรถจักรยานยนต์ผิดเพี้ยนไป


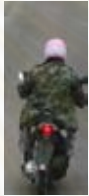
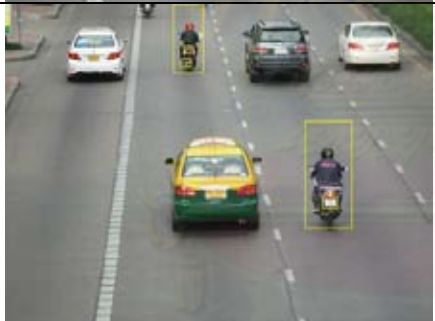


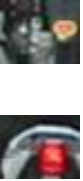
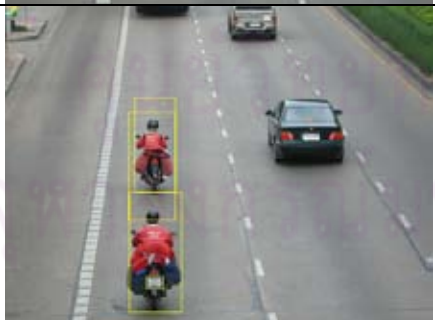



ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
w038				
w039			-	-
w040			-	

หมายเหตุ ภาพ w038 มีความผิดพลาด 2 ตำแหน่ง ตำแหน่งแรกตรวจหาผิดพลาดที่หน้าต่างรถยนต์เพราะหน้าต่างมีสีดำ เมื่อเป็นภาพฐานสองจะมีรูปร่างเป็นระฆังคว่ำ สำหรับตำแหน่งที่สอง









ตรวจหาผิดพลาดที่คนขับและคนซ้อนท้ายรถจักรยานยนต์ เกิดจากเสื้อของคนขับเป็นสีดำ และคนซ้อนท้ายมีเสื้อที่มีสีอ่อนกว่า ทำให้เกิดการตัดกันเป็นรูปที่ทำให้เกิดความผิดพลาดในขั้นตอนการวิเคราะห์รูปร่างรถจักรยานยนต์ สำหรับภาพ w040 เกิดจากตัวถังของรถจักรยานยนต์เป็นโลหะที่สะท้อนแสง จึงทำให้ผ่านตัวกรองแบบหยาบไปได้

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
w041			-	-
w042				
w043				



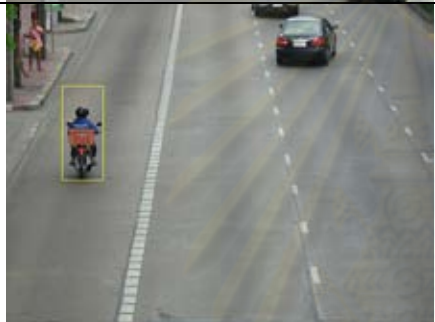

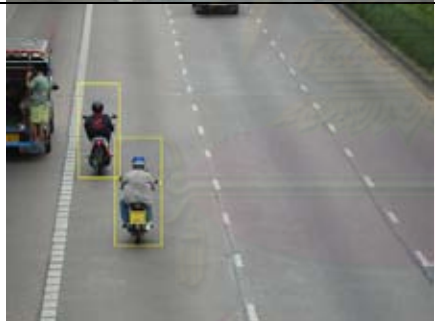
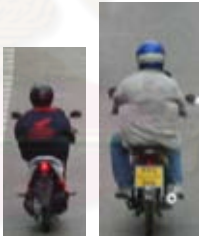



หมายเหตุ ภาพ w042 ตรวจหาผิดพลาดเพราะ ทำรถจักรยานยนต์มีความสว่างกว่าปกติ โดยมาจากไฟท้ายและตัวถังรถที่เป็นโลหะสีเงินที่สะท้อนแสงได้ดีทำให้ผ่านตัวกรองแบบหยาบได้ สำหรับภาพ w043 ตรวจหาผิดพลาดเพราะหมวกนิรภัยมีสีดำ ตัดกับพื้นถนนที่มีสีอ่อนกว่า ทำให้ผิดพลาดในขั้นตอนวิเคราะห์รูปร่างรถจักรยานยนต์

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)



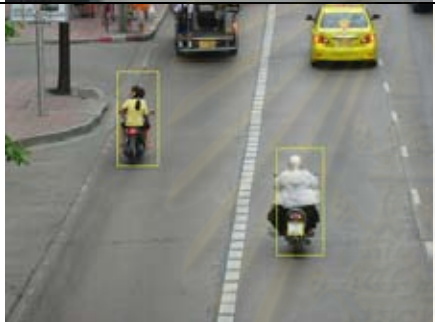


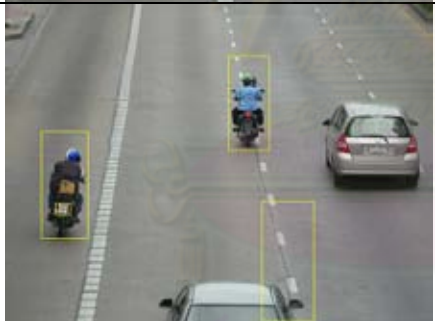





ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดปกติ เชิงบวก
w044			-	-
w045			-	-
w046			-	-
w047			-	-

หมายเหตุ ภาพ w047 ตรวจหาไม่พบรถจักรยานยนต์เพราะภาพถ่ายในเวลาเย็นทำให้แสงสว่างไม่เพียงพอ เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้ว ไม่เป็นรูปประจักษ์

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)





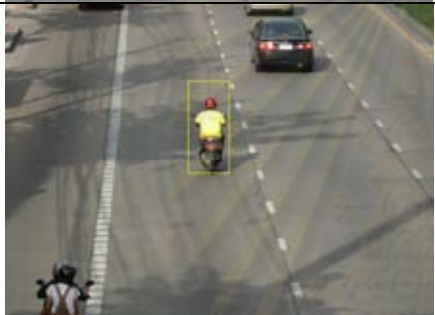
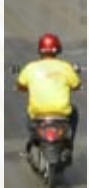
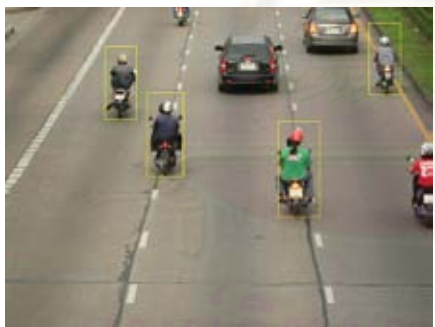





ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดปกติ เชิงบวก
w048			-	-
w049			-	-
w050				-
w051			-	-

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดพลาด เชิงบวก
w052			-	-
w053				-
w054				
w055			-	-

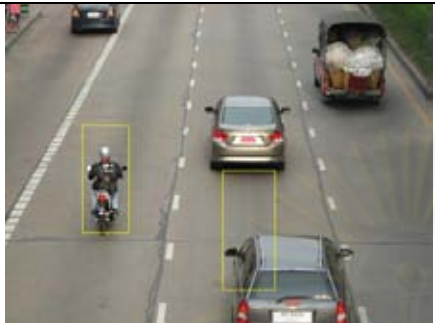


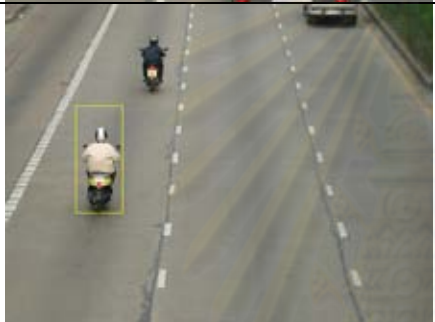







หมายเหตุ ภาพ w052 ตรวจหาป้ายทะเบียนไม่พบ เนื่องจากป้ายทะเบียนมีขนาดเล็ก (เกิดจากการตัดแปลง) และอีกขระมีความแตกต่างของค่าระดับเทาที่น้อยเกินไปและภาพ w054 ด้านข้างรถยนต์เมื่อเป็นภาพฐานสองจะมีรูปร่างเป็นระฆังคว่ำ

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดปกติ เชิงบวก
w056			-	 
w057			-	-
w058		 		-
w059			-	-





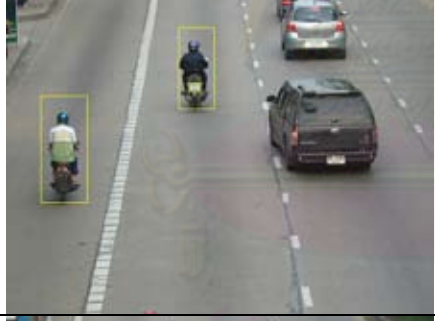




หมายเหตุ ส่วนภาพ w056 ท่อไอเสีย และไฟท้ายมีความสว่างทำให้ผ่านตัวกรองแบบหยาบไปได้
ภาพ w058 อักษรบนป้ายทะเบียนมีความแตกต่างของค่าระดับเทาเล็กน้อย

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)








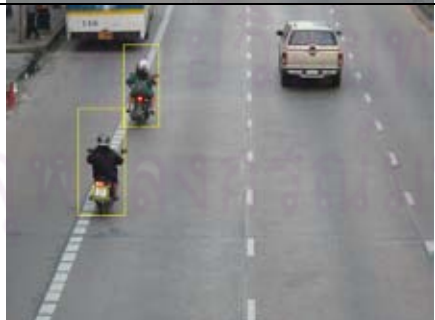



ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดปกติ เชิงบวก
w060			-	
w061			-	-
w062			-	
w063			-	

หมายเหตุ ภาพ w060 ด้านข้างรถยนต์เมื่อเป็นภาพฐานสองจะมีรูปร่างเป็นระฆังคว่ำ ภาพ w061 ความผิดปกติเกิดจากภาพถ่ายในเวลาเย็นทำให้แสงสว่างไม่เพียงพอ เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้วไม่เป็นรูประฆังคว่ำ ส่วนภาพ w062 และ w063 ความผิดปกติเกิดจากทำยรถจักรยานยนต์มีความสว่าง และผ่านตัวกรองหยาบไปได้

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

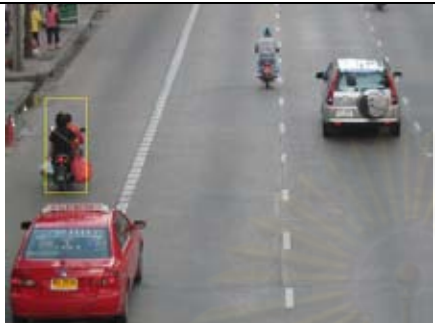





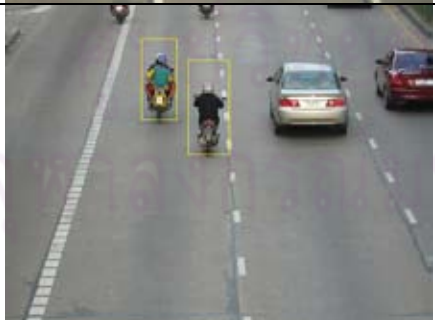



ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดพลาด เชิงบวก
w064			-	-
w065			-	-
w066				-
w067			-	-

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดปกติ เชิงบวก
w068			-	-
w069		 	-	-
w070			-	-
w071		 		-













หมายเหตุ ภาพ w069 ตรวจหาไม่พบป้ายทะเบียนเพราะลักษณะมีความแตกต่างของค่าระดับเท่าน้อยเกินไป

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดปกติ เชิงบวก
w072			-	-
w073			-	-
w074			-	-
w075		 		-



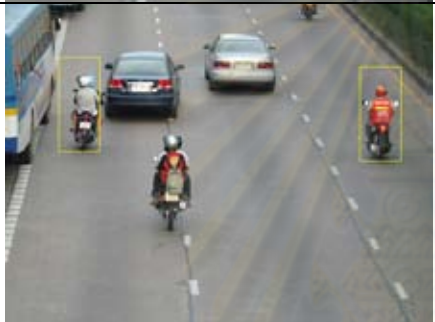





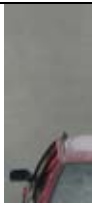

หมายเหตุ ภาพ w072 ความผิดปกติเกิดจากภาพถ่ายในเวลาเย็นทำให้แสงสว่างไม่เพียงพอ เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้ว ไม่เป็นรูปประจักษ์กว่า

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดปกติ เชิงบวก
w076				
w077			-	-
w078			-	
w079			-	

หมายเหตุ ภาพ w076 ตรวจหาไม่พบรถจักรยานยนต์เพราะมีการซ้อนทับกับเส้นแบ่งช่อง
การจราจรทำให้รูปร่างรถจักรยานยนต์ผิดเพี้ยนไป สำหรับการตรวจหาป้ายทะเบียนผิดปกติเกิด
จากตัวถังรถจักรยานยนต์มีความแปรปรวนของค่าระดับเทามาก ภาพ w078 และ w079 ตรวจหา
ป้ายทะเบียนผิดปกติเนื่องจาก กลางหน้าต่างตรวจหา มีกลุ่มพิกเซลที่มีความสว่าง ทำให้ผ่านตัว
กรองแบบหยาบได้



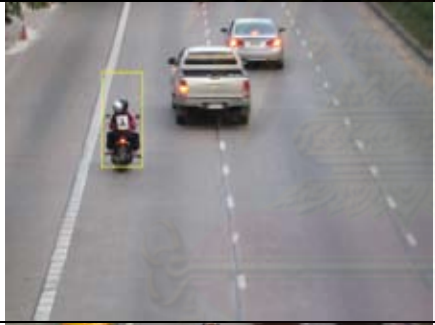



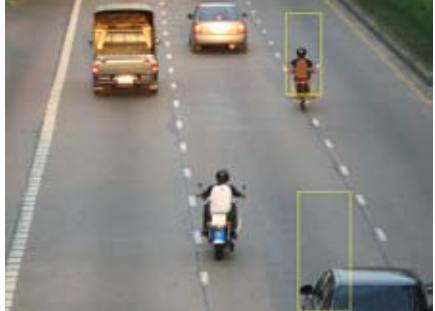


ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดพลาด เชิงบวก
w080			-	-
w081			-	-
w082			-	-
w083			-	 

หมายเหตุ ภาพ w080 ตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่พบ เนื่องจากตำแหน่งที่การวิเคราะห์รูปร่าง
จักรยานยนต์ตรวจพบ และตำแหน่งที่ถ่ายภาพประสาทยืดมตรวจพบ ไม่ตรงกัน ภาพ w081 ความ







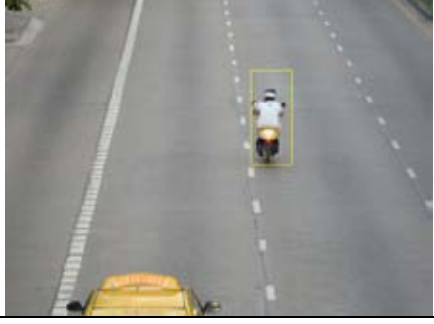

ผิดพลาดเกิดจากภาพถ่ายในเวลาเย็นทำให้แสงสว่างไม่เพียงพอ เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้ว ไม่เป็นรูประฆังคว่ำและภาพ w083 ตรวจหารถจักรยานยนต์ผิดพลาดเนื่องจากด้านข้างขอบหน้าต่างรถยนต์ เมื่อเป็นภาพฐานสอง จะมีลักษณะเป็นระฆังคว่ำ

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
w084			-	-
w085			-	-
w086			-	-
w087			-	

หมายเหตุ ภาพ w087 ความผิดพลาดเกิดจากภาพถ่ายในเวลาเย็นทำให้แสงสว่างไม่เพียงพอ เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้ว ไม่เป็นรูประฆังคว่ำ ส่วนกรณีที่ตรวจหารถจักรยานยนต์ผิดพลาดเนื่องจากด้านข้างขอบหน้าต่างรถยนต์ เมื่อเป็นภาพฐานสอง จะมีลักษณะเป็นระฆังคว่ำ

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)





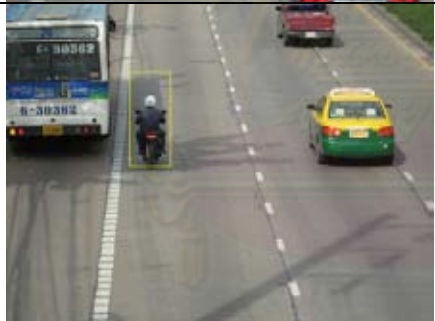





ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดพลาด เชิงบวก
w088			-	-
w089			-	-
w090			-	-
w091			-	-

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดพลาด เชิงบวก
w092			-	
w093			-	
w094				-
w095			-	-

หมายเหตุ ภาพ w092 ตรวจหารถจักรยานยนต์ผิดพลาดเนื่องจากด้านข้างรถยนต์ เมื่อเป็นภาพ
 ฐานสอง จะมีลักษณะเป็นระฆังคว่ำ ภาพ w093 ตรวจหาผิดพลาดเนื่องจากมีความสว่าง และ
 ความแปรปรวนสูง ภาพ w094 ตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่พบเนื่องจากรถจักรยานยนต์วิ่งผ่านเงา
 ต้นไม้ ทำให้เมื่อเป็นภาพฐานสองจะมีรูปร่างผิดเพี้ยนไป

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดปกติ เชิงบวก
w096			-	-
w097			-	-
w098			-	-
w099			-	 

หมายเหตุ ภาพ w099 ตรวจหาป้ายทะเบียนผิดปกติ เนื่องจากทำยารถจักรยานยนต์มีทั้งความสว่างเป็นกลุ่มตรงกลางหน้าต่างตรวจหา และความแปรปรวนสูง

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดพลาด เชิงบวก
w100				

หมายเหตุ ภาพ w100 ตรวจหาป้ายทะเบียนผิดพลาด เนื่องจากทำยารถจักรยานยนต์มีทั้งความสว่างเป็นกลุ่มตรงกลางหน้าต่างตรวจหา และความแปรปรวนสูง ส่วนตรวจหาตำแหน่งรถจักรยานยนต์ผิดพลาด เนื่องจากเกิดการซ้อนทับกับเส้นแบ่งช่องจราจรทำให้เกิดการผิดเพี้ยนของรูปร่างรถจักรยานยนต์








4.8 ผลการทดลองตรวจหารถจักรยานยนต์เมื่อมีรถจักรยานอยู่ในภาพ

ภาพหนึ่งการจราจร จำนวน 100 ภาพ ที่มีรถจักรยานอยู่ ถูกนำมาทดลอง ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่




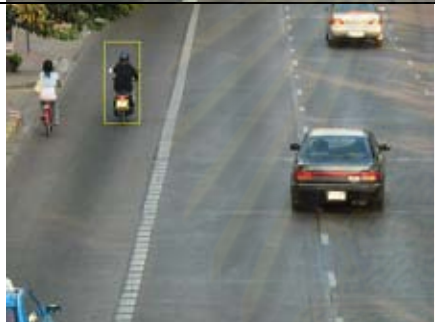




ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียน จักรยานยนต์	ความผิดพลาด เชิงบวก
b001				-

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)


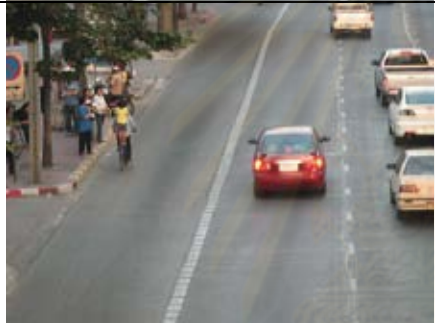


ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b002		-	-	-
b003		-	-	
b004				-
b005		-	-	-

หมายเหตุ ภาพ b003 ตรวจหาผิดพลาดเนื่องจากส่วนล่างของกระจกรถประจำทางมีค่าระดับเทาต่ำ และเมื่อเป็นภาพฐานสองจะมีรูปร่างระฆังคว่ำ


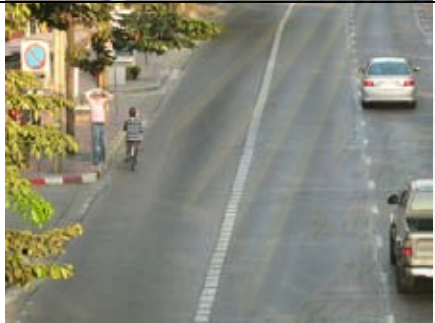

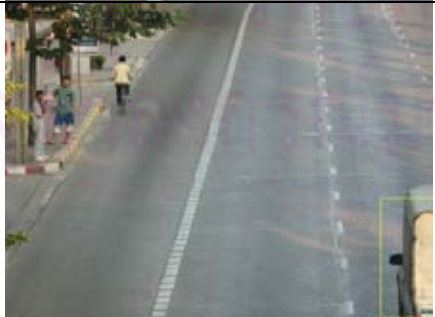

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานยนต์อยู่ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b006				-
b007				-
b008		-	-	-
b009		-	-	-

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)


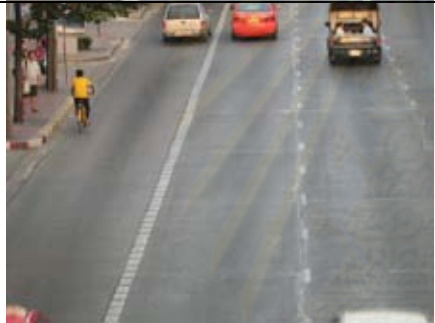


ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b010		-	-	-
b011		-	-	-
b012		-	-	-
b013		-	-	-

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานยนต์อยู่ (ต่อ)









ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b014		-	-	-
b015		-	-	-
b016		-	-	-
b017		-	-	

หมายเหตุ ภาพ b017 ตรวจหารถจักรยานยนต์ผิดพลาดเนื่องจากด้านข้างรถยนต์ เมื่อเป็นภาพฐานสอง จะมีลักษณะเป็นระฆังคว่ำ

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)


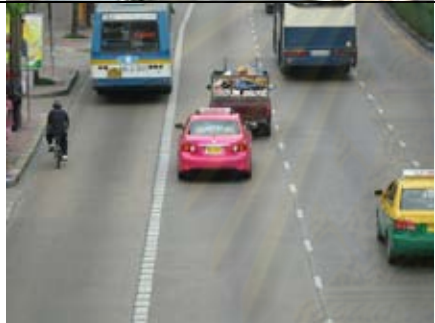
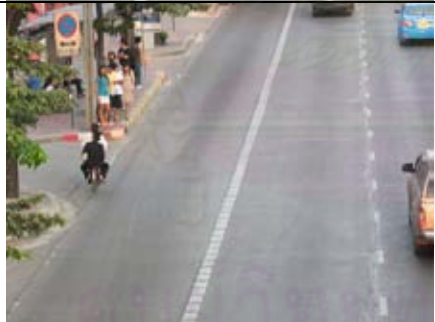

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b018		-	-	-
b019		-	-	-
b020		-	-	-
b021		-	-	-

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)


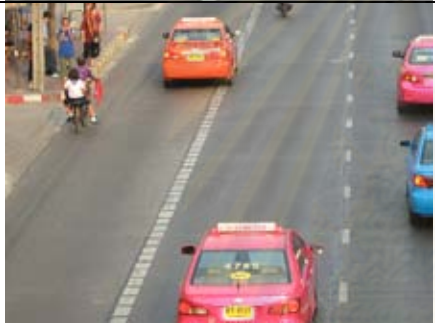
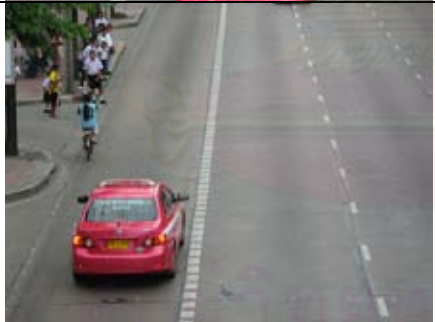

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b022		-	-	
b023		-	-	
b024				-
b025		-	-	-

หมายเหตุ ภาพ b022 และ b023 เกิดความผิดพลาดในตรวจหา โดยรถจักรยานถูกตรวจหาพบ เนื่องจากส่วนล่างของรถจักรยานมีค่าระดับเทาต่ำ ทำให้เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้ว จะมีรูปร่างเป็นระฆังคว่ำ

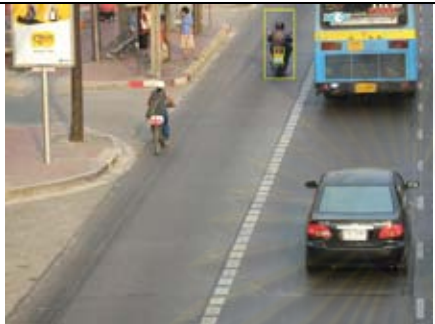






ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b026		-	-	-
b027		-	-	-
b028		-	-	-
b029		-	-	-

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)


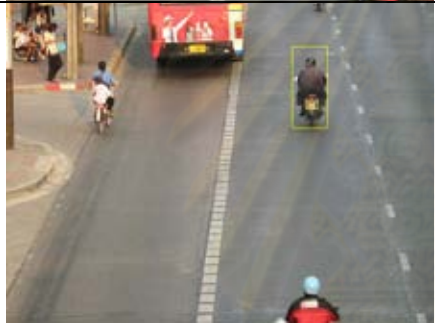


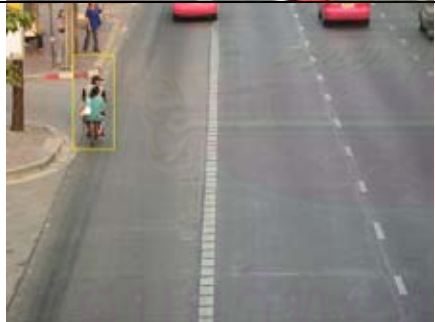


ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b030		-	-	-
b031		-	-	-
b032		-	-	-
b033		-	-	-

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b034				
b035		-	-	-
b036		-	-	-
b037		-	-	-



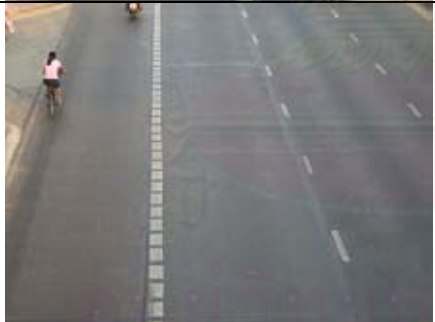
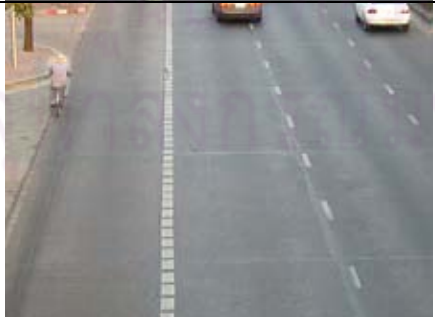
หมายเหตุ ภาพ b034 ตรวจหาป้ายทะเบียนผิดพลาดเนื่องจาก กลางหน้าต่างตรวจหา มีกลุ่มพิกเซลที่มีความสว่าง ทำให้ผ่านตัวกรองแบบหยาบได้

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)


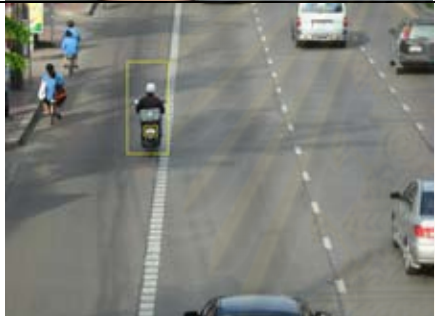


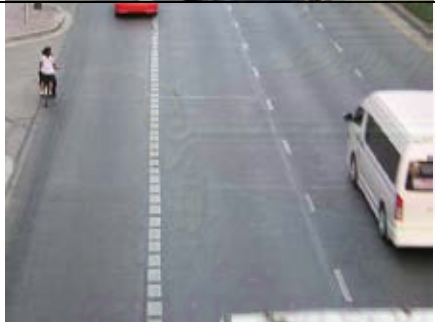
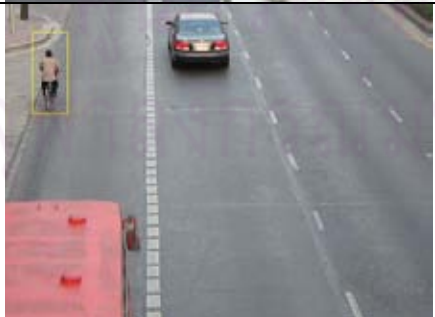

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b038		-	-	-
b039				-
b040		-	-	
b041		-	-	-

หมายเหตุ ภาพ b040 เกิดความผิดพลาดในตรวจหา โดยรถจักรยานถูกตรวจหาพบ เนื่องจากส่วนล่างของรถจักรยานมีค่าระดับเทาต่ำ ทำให้เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้ว จะมีรูปร่างเป็นระฆังคว่ำ

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)

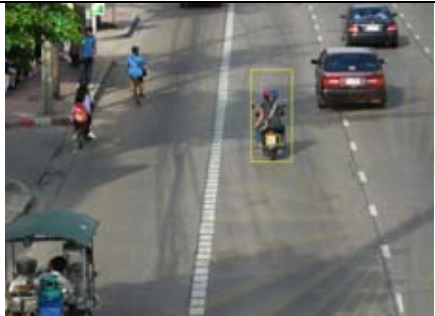





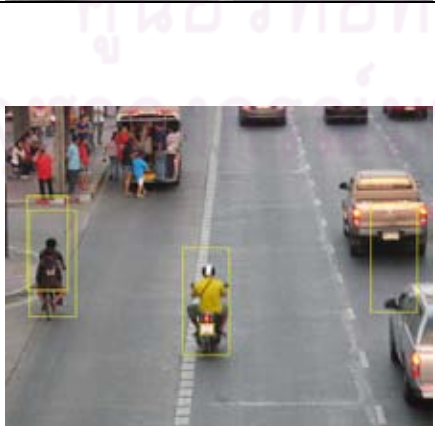





ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b042		-	-	-
b043		-	-	-
b044		-	-	-
b045		-	-	-

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b046		-	-	-
b047				-
b048		-	-	-
b049		-	-	

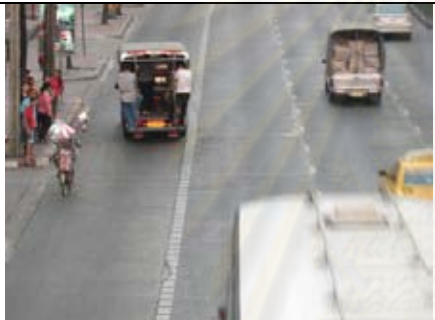


หมายเหตุ ภาพ b049 เกิดความผิดพลาดในตรวจหา โดยรถจักรยานถูกตรวจหาพบ เนื่องจาก ส่วนล่างของรถจักรยานมีค่าระดับเทาต่ำ ทำให้เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้ว จะมีรูปร่างเป็นระฆังคว่ำ

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานยนต์อยู่ (ต่อ)







ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b050				-
b051		-	-	-
b052		-	-	
b053				  

หมายเหตุ ภาพ b052 และ b053 เกิดความผิดพลาดในตรวจหา โดยรถจักรยานถูกตรวจหาพบ เนื่องจากส่วนล่างของรถจักรยานมีค่าระดับเทาต่ำ ทำให้เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้ว จะมีรูปร่างเป็นระฆังคว่ำ สำหรับ ภาพ b053 มีการตรวจหาผิดพลาด โดยตรวจหาขอบหน้าต่างรถยนต์นั้น เนื่องจาก เมื่อเป็นภาพฐานสอง จะมีลักษณะเป็นระฆังคว่ำ






ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b054		-	-	-
b055		-	-	-
b056		-	-	-

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานยนต์อยู่ (ต่อ)

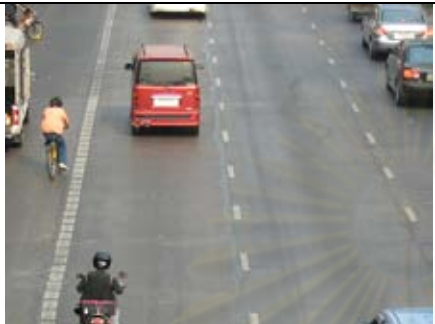
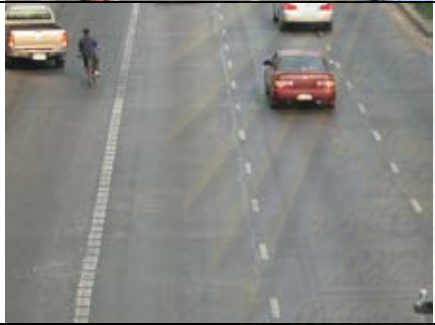



ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b057		-	-	-
b058		-	-	-
b059				-
b060		-	-	-

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b061		-	-	
b062		-	-	-
b063		-	-	-
b064		-	-	-

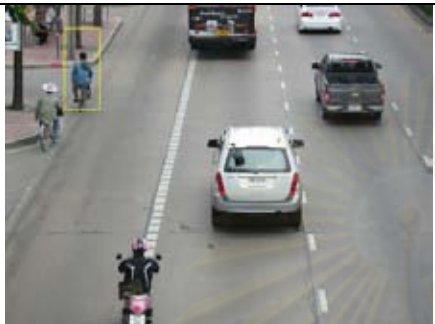








หมายเหตุ ภาพ b061 เกิดความผิดพลาดในตรวจหา โดยรถจักรยานถูกตรวจหาพบ เนื่องจาก ส่วนล่างของรถจักรยานมีค่าระดับเทาต่ำ ทำให้เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้ว จะมีรูปร่างเป็นระฆังคว่ำ

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b065		-	-	-
b066		-	-	-
b067		-	-	-
b068		-	-	


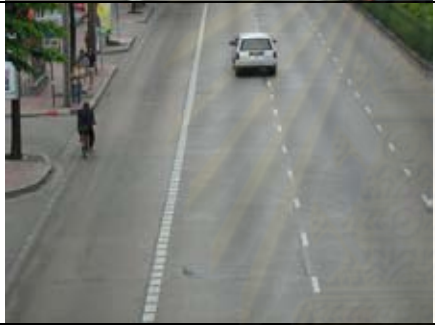





หมายเหตุ ภาพ b068, b069 และ b070 เกิดความผิดพลาดในตรวจหา โดยรถจักรยานยนต์ถูกตรวจหาพบ เนื่องจากส่วนล่างของรถจักรยานมีค่าระดับเทาต่ำ ทำให้เกิดความผิดพลาด

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b069		-	-	
b070		-	-	
b071		-	-	
b072				-



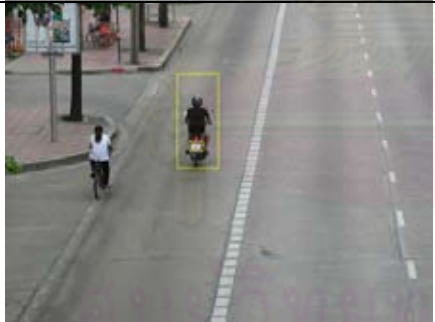



หมายเหตุ ภาพ b071 เกิดความผิดพลาดในตรวจหา โดยรถจักรยานถูกตรวจหาพบ เนื่องจาก ส่วนล่างของรถจักรยานมีค่าระดับเทาต่ำ ทำให้เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้ว จะมีรูปร่างเป็นระฆังคว่ำ

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)







ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b073		-	-	-
b074		-	-	-
b075		-	-	-
b076				

หมายเหตุ ภาพ b076 เกิดความผิดพลาดในตรวจหา โดยรถจักรยานถูกตรวจหาพบ เนื่องจาก ส่วนล่างของรถจักรยานมีค่าระดับเทาต่ำ ทำให้เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้ว จะมีรูปร่างเป็นระฆังคว่ำ

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b077		-	-	-
b078		-	-	-
b079				-
b080		-	-	-







ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b081		-	-	
b082		-	-	-
b083		-	-	-
b084		-	-	

หมายเหตุ ภาพ b081 เกิดความผิดพลาดในตรวจหา โดยรถจักรยานถูกตรวจหาพบ เนื่องจาก ส่วนล่างของรถจักรยานมีค่าระดับเทาต่ำ ทำให้เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้ว จะมีรูปร่างเป็นระฆังคว่ำ








และภาพ b084 เกิดความผิดพลาดในตรวจหา โดยรถจักรยานถูกตรวจหาพบ เนื่องจากส่วนล่างของรถจักรยานมีค่าระดับเทาต่ำ ทำให้เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้ว จะมีรูปร่างเป็นระฆังคว่ำ

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b085				-
b086		-	-	-
b087		-	-	


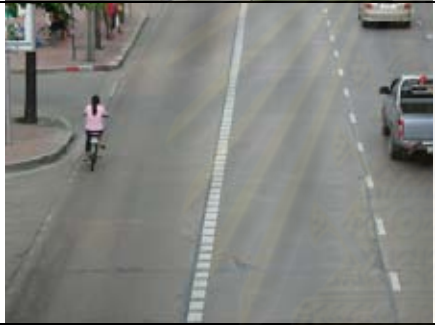


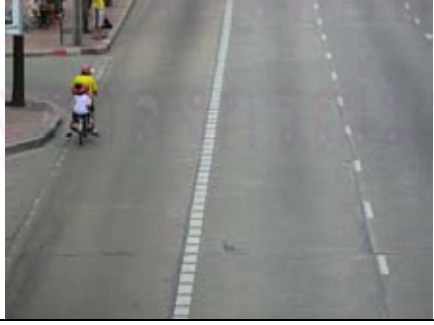
หมายเหตุ ภาพ b087 เกิดความผิดพลาดในตรวจหา โดยรถจักรยานถูกตรวจหาพบ เนื่องจากส่วนล่างของรถจักรยานมีค่าระดับเทาต่ำ ทำให้เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้ว จะมีรูปร่างเป็นระฆังคว่ำ

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b088		-	-	-
b089		-	-	-
b090				
b091		-	-	-








หมายเหตุ ภาพ b090 ตรวจหาป้ายทะเบียนผิดพลาด เนื่องจากทำยารถจักรยานยนต์มีทั้งความสว่างเป็นกลุ่มตรงกลางหน้าต่างตรวจหา และความแปรปรวนสูง

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานยนต์อยู่ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b092		-	-	-
b093		-	-	-
b094		-	-	
b095		-	-	-

หมายเหตุ ภาพ b094 มีการตรวจหาผิดพลาด โดยตรวจหาด้านข้างรถยนต์นั้น เนื่องจาก เมื่อเป็นภาพฐานสอง จะมีลักษณะเป็นระฆังคว่ำ

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b096				-
b097		-	-	-
b098		-	-	
b099		-	-	-

หมายเหตุ ภาพ b098 เกิดความผิดพลาดในตรวจหา โดยรถจักรยานถูกตรวจหาพบ เนื่องจากส่วนล่างของรถจักรยานมีค่าระดับเทาต่ำ ทำให้เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้ว จะมีรูปร่างเป็นระฆังคว่ำ

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ (ต่อ)

ชื่อภาพ	ผลลัพธ์จากการตรวจหา โดยรวม	ผลลัพธ์จากการตรวจหา แยกตามประเภท		
		รถจักรยานยนต์	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์	ความผิดพลาดเชิงบวก
b100		-	-	

หมายเหตุ ภาพ b100 เกิดความผิดพลาดในตรวจหา โดยรถจักรยานถูกตรวจหาพบ เนื่องจาก ส่วนล่างของรถจักรยานมีค่าระดับเทาต่ำ ทำให้เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้ว จะมีรูปร่างเป็นระฆังคว่ำ

4.9 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.9.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองของการตรวจหารถจักรยานยนต์

จากการทดลองพบว่า ความผิดพลาดเชิงบวกของการตรวจหารถจักรยานยนต์ แบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ ขอบหน้าต่างด้านข้างของรถยนต์ เกาะกลางถนน และตรวจพบบางส่วน ของรถจักรยานยนต์ ซึ่งพบว่าความผิดพลาดเกือบทั้งหมดเกิดกับขอบหน้าต่างด้านข้างรถยนต์ นั่นคือ 18 กรณี จากทั้งหมด 21 กรณี สำหรับเกาะกลางถนนและบางส่วนของรถจักรยานยนต์ มี 1 กรณี และ 2 กรณี ตามลำดับ สาเหตุของความผิดพลาดเกิดจากในขั้นตอนการวิเคราะห์รูปร่างรถจักรยานยนต์ เมื่อนำหน้าต่างตรวจหาอยู่บนบริเวณที่เป็นขอบหน้าต่างด้านข้างของรถยนต์ และภาพถูกแปลงให้เป็นภาพฐานสอง เมื่ออยู่ในขั้นตอนการวิเคราะห์รูปร่างรถจักรยานยนต์ บางกรณีมีลักษณะคล้ายระฆังคว่ำได้ อย่างไรก็ตามความผิดพลาดเชิงบวกดังกล่าวเกิดขึ้นเพียง 21 กรณี จากภาพทั้งหมด 305 ภาพ

สำหรับความผิดพลาดเชิงลบของการตรวจหารถจักรยานยนต์ ซึ่งก็คือการที่ตรวจหาไม่พบ ทั้งๆ ที่มีวัตถุที่ต้องการตรวจหาอยู่ พบว่ามีอยู่ 4 ลักษณะ คือ รถจักรยานยนต์ ซ้อนทับกับเส้นแบ่งช่องจราจรหรือยานพาหนะคันอื่น มี 12 กรณี ถ่ายภาพในเวลาเย็นทำให้แสงสว่างไม่เพียงพอ มี 8 กรณี รถจักรยานยนต์วิ่งผ่านเงามีผลทำให้ความผิดพลาดเกิดขึ้น และ

รถจักรยานยนต์บรรทุกของจนบดบังผู้ขับขี่ พบอย่างละ 1 กรณี ดังนั้น เพื่อให้จะให้การตรวจหาได้ผลดี ถนนที่จะตรวจหา ควรเป็นถนนใหญ่ หรือถนนที่ยานพาหนะสามารถใช้ความเร็วในการสัญจรได้พอสมควรและไม่ติดขัด เช่น บริเวณที่อยู่ห่างจากการจอดติดสัญญาณไฟแดง เพื่อให้โอกาสที่จะเกิดรถจักรยานยนต์ซ้อนทับกับวัตถุอื่นดังกล่าวมีน้อยลง สำหรับอีกกรณีคือ ภาพที่ใช้ในการทดลองถ่ายภาพมาจากสภาพแวดล้อมที่แสงสว่างไม่เพียงพอ กรณีนี้ก็จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจหาได้ สาเหตุเป็นเพราะเมื่อแสงสว่างไม่เพียงพอเนื่องจากถ่ายในเวลาเย็นเมื่อภาพถูกแปลงเป็นภาพฐานสอง จะทำให้รูปร่างของรถจักรยานยนต์ ผิดเพี้ยนไปได้

4.9.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองของการตรวจหาป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์

จากการทดลองพบว่า ความผิดพลาดเชิงบวก สามารถแบ่งได้เป็น 5 ลักษณะคือ ตรวจพบเป็นเสื้อของผู้ขับขี่ 1 กรณี ทำยรถจักรยานยนต์ที่มีไฟท้ายอยู่ 4 กรณี รถจักรยานยนต์ที่มีของบรรทุกอยู่ท้ายรถ 2 กรณี เครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ 1 กรณี และการตรวจหาป้ายทะเบียนเนื่องจากมีความผิดพลาดเชิงบวกของการตรวจหารถจักรยานยนต์อีก 3 กรณี สาเหตุของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นเนื่องจาก ทำยรถจักรยานยนต์ที่กำลังตรวจหา มีความสว่าง และลวดลายมากกว่าปกติ กล่าวคือ มีความแตกต่างของค่าระดับเทามาก ที่ตรงกลางของหน้าต่างตรวจหา ทำให้ผ่านตัวกรองแบบหยาบและแบบละเอียดไปได้ แต่จากจำนวนความผิดพลาดข้างต้นมีเพียง 11 กรณี ซึ่งถือว่าไม่มาก เมื่อเปรียบเทียบกับรถจักรยานยนต์ที่ติดป้ายทะเบียนที่โปรแกรมตรวจหาได้ทั้งหมด คือ 172 คัน

ส่วนความผิดพลาดเชิงลบ พบว่ามีสาเหตุมาจากการที่รถจักรยานยนต์วิ่งด้วยความเร็วสูง ทำให้ภาพที่ถ่ายออกมา มีอักขระบนป้ายทะเบียนที่ไม่ชัดเจน หรือป้ายทะเบียนมีความแตกต่างของค่าระดับเทาน้อยเกินไป ทำให้ตรวจหาไม่พบ โดยพบความผิดพลาด 16 กรณี ซึ่งถือว่าไม่มาก เมื่อเปรียบเทียบกับรถจักรยานยนต์ที่ติดป้ายทะเบียนที่โปรแกรมตรวจหาได้ทั้งหมด คือ 172 คัน

4.9.3 การวิเคราะห์ผลการทดลองของการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน

ความผิดพลาดเชิงลบ จากจำนวนรถจักรยานยนต์ที่ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียนทั้งหมด 100 คัน พบว่ามีความผิดพลาดเชิงลบ 17 กรณี โดยระบุว่ารถจักรยานยนต์ที่ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียนเป็นรถจักรยานยนต์ติดแผ่นป้ายทะเบียน นอกจากนี้ยังพบว่า ความผิดพลาดจากการตรวจพบวัตถุอื่นในกระบวนการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียนนั้น จะ

เป็นกรณีเดียวกับความผิดพลาดเชิงบวกของการตรวจหารถจักรยานยนต์ที่มีแผ่นป้ายทะเบียนตามหัวข้อ 4.9.2 นั่นคือ ความผิดพลาดจะเกิดขึ้นเมื่อ ทำयरถจักรยานยนต์มีความสว่าง และลดหลายน้อยกว่าปกติ ทำให้ผ่านตัวกรองแบบหยาบและแบบละเอียดไปได้ ความผิดพลาดดังกล่าวถูกพบ 20 กรณี โดยแบ่งเป็น บังโคลน 2 กรณี ท่อไอเสีย 3 กรณี เครื่องยนต์ 5 กรณี และทำयरถจักรยานยนต์ที่มีไฟท้าย 10 กรณี ข้อสังเกตของการทดลองนี้ ความผิดพลาดจากการตรวจหาวัตถุอื่นในกระบวนการตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน ไม่ใช่ความผิดพลาดเชิงบวก เนื่องจากความผิดพลาดเชิงบวกเป็นการตรวจหาพบรถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียนมากกว่าความเป็นจริง ซึ่งไม่ใช่สำหรับกรณีนี้

4.9.4 การวิเคราะห์ผลการทดลองของการนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่

พบว่าวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถ แยกตรวจหาเฉพาะรถจักรยานยนต์ได้ โดยไม่สนใจ รถจักรยาน สาเหตุเป็นเพราะ รถจักรยานมีลักษณะผอมบางกว่า รถจักรยานยนต์มาก ทำให้ส่วนล่างของรถจักรยานมีค่าระดับเทาไม่ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับรถจักรยานยนต์ อย่างไรก็ตามยังมีบางกรณีที่นอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้น นั่นคือ รถจักรยานจะมีส่วนล่างของตัวรถที่มีค่าระดับเทาที่ต่ำ ทำให้เมื่อเป็นภาพฐานสองแล้ว และวิเคราะห์รูปร่างรถจักรยานยนต์ จะพบว่า มีลักษณะเป็นระฆังคว่ำ จึงเกิดความผิดพลาดได้ เช่น ผู้ขี่จักรยานสวมกางเกง ตัวถังรถจักรยาน บังโคลนรถจักรยาน มีสีเข้มหรือสีดำ กรณีเหล่านี้ได้ถูกขำงานประสาทเทียมแยกแยะและตัดสินใจในขั้นสุดท้าย เพื่อกำจัดรถจักรยานออกไป แต่ถ้าหลุดรอดจากขำงานประสาทเทียมอีก ก็จะทำให้เกิดความผิดพลาดลบ ที่ต้องการตรวจหารถจักรยานยนต์ แต่ได้ตรวจหาเป็นรถจักรยานแทน จากทดลองรถจักรยาน จำนวน 110 คัน ถูกระบุว่าเป็นรถจักรยานยนต์ เพียง 18 คัน ข้อสังเกตเพิ่มเติม จากผลการทดลองนี้พบความผิดพลาดจากการตรวจหาวัตถุอื่นที่ไม่ใช่รถจักรยานยนต์ ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ หรือรถจักรยาน จำนวน 6 กรณี ซึ่งความผิดพลาดนี้ไม่ใช่ความผิดพลาดเชิงบวก เนื่องจากความผิดพลาดเชิงบวกเป็นกรณีที่ตรวจหาพบวัตถุต้องการมากกว่าความเป็นจริงซึ่งไม่มีในกรณีนี้

4.10 สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองจากการตรวจหารถจักรยานยนต์ ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ รถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน และรถจักรยาน สามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.7 ตารางสรุปผลการทดลอง การตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียน
รถจักรยานยนต์

ประเภทการ ทดลอง	ตรวจหา โดยคน (คัน)	ตรวจหาโดยใช้โปรแกรม *				
		ทั้งหมด (คัน) **	ความถูกต้องจากการพิจารณาโดยคน			
			จำนวน (คัน)	ร้อยละ	ความ ผิดพลาดเชิง ลบ (กรณี)	ความ ผิดพลาดเชิง บวก (กรณี)
รถจักรยานยนต์	310	309	288	92.90	22	21
รถจักรยานยนต์ที่ ติดแผ่นป้าย ทะเบียน	188	183	172	91.49	16	11
รถจักรยานยนต์ ไม่ติดแผ่นป้าย ทะเบียน	100	83	83	83.00	17	0

หมายเหตุ

- * จำนวนที่ตรวจหาโดยใช้โปรแกรม คือจำนวนที่ตรวจหาโดยใช้หลักการของการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ ตามที่นำเสนอในงานวิจัยนี้
- ** จำนวนที่ตรวจหาได้โดยโปรแกรมทั้งหมด ซึ่งมาจากจำนวนที่คนพิจารณาแล้วระบุว่าถูกต้อง รวมกับความผิดพลาดเชิงบวกที่เกิดขึ้น
- จำนวนรถจักรยานยนต์ 310 คัน มาจากรถจักรยานยนต์ที่ติดแผ่นป้ายทะเบียนและไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียนทั้งหมดที่มีในภาพที่นำมาทดลองทั้งหมด 305 ภาพ
- รถจักรยานยนต์ที่ตรวจพบ 288 คัน เป็นรถจักรยานยนต์ที่ติดแผ่นป้ายทะเบียน 188 คันและรถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน 100 คัน
- ความผิดพลาดเชิงบวก คือ ความผิดพลาดจากการตรวจหาพบวัตถุที่ต้องการมากกว่าความเป็นจริง และความผิดพลาดเชิงลบ คือ ความผิดพลาดจากการตรวจหาพบวัตถุที่ต้องการน้อยกว่าความเป็นจริง

การนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่ สามารถสรุปผลการทดลองได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.8 ตารางสรุปผลการทดลองจากการนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ มาทดสอบกับภาพที่มีรถจักรยานอยู่

รถจักรยานที่ตรวจหา ได้โดยคนทั้งหมด	ไม่ระบุว่าเป็น รถจักรยานยนต์	ระบุว่าเป็น รถจักรยานยนต์	ร้อยละความถูกต้องของการ ไม่ระบุว่าเป็น รถจักรยานยนต์§
110	92	18	83.64

นอกจากนั้น จากการทดลองกับภาพทั้งหมด 305 ภาพ ได้พบวัตถุอื่นที่ไม่ใช่รถจักรยานยนต์ ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ หรือรถจักรยาน และไม่สามารถระบุว่าเป็นความผิดพลาดเชิงบวกได้ จำนวน 20 กรณี สำหรับกลุ่มภาพการจราจรที่มีรถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียนจำนวน 100 ภาพ และ 6 กรณี สำหรับกลุ่มภาพการจราจรที่มีรถจักรยานอยู่จำนวน 100 ภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้ได้สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผลที่ได้จากการทดลองตรวจหารถจักรยานยนต์ และแผ่นป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ รวมถึงได้เสนอแนะแนวทางสำหรับการพัฒนางานวิจัยต่อไปในอนาคต

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้เสนออัลกอริทึมในการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ โดยสามารถตรวจสอบการไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียนของรถจักรยานยนต์ได้ การตรวจหาจะเริ่มจากสร้างหน้าต่างตรวจหา กราดตรวจไปตลอดทั้งภาพการจราจรที่ต้องการตรวจหาเพื่อหารถจักรยานยนต์ก่อน ถ้าหากพบจะตัดส่วนภาพเฉพาะส่วนที่มีรถจักรยานยนต์ที่ตรวจพบ มาตรวจหาป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ ถ้าหากไม่พบป้ายทะเบียนก็แสดงว่ารถจักรยานยนต์คันนั้น ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน

การตรวจหารถจักรยานยนต์ จะพิจารณาแต่ละภาพในหน้าต่างตรวจหา ที่กราดตรวจไป โดยใช้วิธีที่เรียกว่า การวิเคราะห์รูปร่างจักรยานยนต์ วิธีนี้เริ่มด้วยการทำภาพให้เป็นภาพฐานสอง แล้วกำหนดกลุ่มพิกเซลให้วิ่งกราดตรวจภาพจากล่างขึ้นบนเป็นแนวตั้งและหยุดเมื่อภายในกลุ่มพิกเซลนั้นมีค่าเฉลี่ยระดับเทาน้อยกว่า 255 เมื่อเสร็จหนึ่งแนวตั้งแล้วเลื่อนไปตามแนวนอนและทำเช่นเดิมในแนวตั้งถัดไป โดยแต่ละแนวตั้งนั้น จะบอกจำนวนกลุ่มพิกเซลที่วิ่งไปได้ และนำจำนวนนี้ทุกๆแนวตั้งไปพิจารณาว่าเข้าข่ายเป็นรถจักรยานยนต์หรือไม่ ถ้าใช่ก็จะใช้ช่างงานประสาทเทียม ที่ผ่านการสอนมาแล้วมาตรวจสอบขั้นสุดท้าย เพื่อยืนยันการเป็นรถจักรยานยนต์

การตรวจหาป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ จะเริ่มด้วยการใช้หน้าต่างตรวจหาอีกชุดหนึ่ง กราดตรวจบริเวณครึ่งล่างของภาพระดับเทาที่เป็นรถจักรยานยนต์แล้วใช้ตัวกรองแบบหยابเพื่อการหาตำแหน่งที่คาดว่าเป็นป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ สุดท้ายก็จะนำภาพในหน้าต่างตรวจหาที่ผ่านตัวกรองแบบหยابมาได้ มาผ่านตัวกรองแบบละเอียด เพื่อยืนยันความถูกต้องขั้นสุดท้าย

สำหรับการทดลองได้นำภาพการจราจร จำนวน 305 ภาพ มาแบ่งภาพออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ภาพการจราจรที่มีรถจักรยานยนต์ที่ติดแผ่นป้ายทะเบียนอยู่ จำนวน 105 ภาพ ภาพการจราจรที่มีรถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียนอยู่ จำนวน 100 ภาพ และภาพการจราจรที่มี

รถจักรยานอยู่ จำนวน 100 ภาพ ภาพทุกภาพที่นำมาทดลองมีขนาด 1600x1200 พิกเซล ถ่ายจากมุมก้มประมาณ 30° จากแนวระนาบ ที่ความสูงประมาณ 7.5 เมตร จากพื้นถนน (ถ่ายจากสะพานคนข้ามถนน)

การทดลองได้เปรียบเทียบผลการตรวจหาที่ได้จากโปรแกรมที่ใช้วิธีการที่เสนอในงานวิจัยนี้ กับการตรวจหาโดยคน พบว่า การตรวจหารถจักรยานยนต์ มีความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 93.09 การตรวจหาป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์พบว่ามีความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 91.26 การตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน มีความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 83.00 และความถูกต้องในการนำวิธีการตรวจหารถจักรยานยนต์มาใช้กับภาพที่มีรถจักรยานอยู่เฉลี่ยร้อยละ 83.64

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาอัลกอริทึมของการตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ พบว่ายังมีสิ่งที่จะต้องปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจหาให้ดียิ่งขึ้นดังต่อไปนี้

5.2.1 การตรวจหารถจักรยานยนต์ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน ยังมีความผิดพลาดอยู่ในบางภาพ สาเหตุมาจากพื้นผิวด้านท้ายรถจักรยานยนต์บางภาพ มีความสว่างและมีความแปรปรวนของค่าระดับเทาที่เป็นไปในลักษณะเดียวกันกับป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ ดังนั้นถ้าหากปรับปรุงวิธีการตรวจวิเคราะห์ในส่วนของพื้นผิวด้านท้ายรถจักรยานยนต์ให้ดีขึ้น ก็สามารถเพิ่มความถูกต้องมากยิ่งขึ้นได้

5.2.2 การแยกความแตกต่างระหว่างรถจักรยานยนต์กับรถจักรยานนั้น สามารถเพิ่มความถูกต้องได้ โดยการพิจารณาลักษณะเฉพาะของรถจักรยานยนต์และรถจักรยาน เช่น การพิจารณาหมวกนิรภัยและไฟท้ายของรถจักรยานยนต์ ซึ่งไม่มีอยู่ในรถจักรยาน การพิจารณาบังโคลนและตัวถังของรถจักรยานยนต์ ซึ่งกว้างกว่ารถจักรยานมาก การพิจารณาระดับการวางเท้าซ้ายและขวาของผู้ขับขี่ ซึ่งถ้าเป็นจักรยานยนต์จะมีระดับที่เท่ากัน แต่ถ้าเป็นรถจักรยานส่วนใหญ่จะไม่เท่ากัน นอกจากนั้นถ้าบันทึกภาพการจราจรเป็นวีดิทัศน์ ก็สามารถพิจารณาความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ โดยรถจักรยานยนต์จะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่ารถจักรยานหลายเท่า

5.2.3 งานวิจัยนี้ทดลองกับภาพนิ่งของการจราจรเท่านั้น ในอนาคตควรพัฒนาให้ใช้งานกับกล้องวีดิทัศน์ได้ โดยการนำภาพแต่ละกรอบ (frame) มาประมวลผลด้วยอัลกอริทึมที่นำเสนอเพื่อตรวจหารถจักรยานยนต์และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ ซึ่งอาจทำให้สามารถใช้งานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

5.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ช่วยให้การตรวจหารถจักรยานยนต์ การตรวจหาป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ และการตรวจหาการไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียนของรถจักรยานยนต์ ทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการกวดขันจับกุม หรือเก็บข้อมูล เพื่อเป็นสถิติได้



ศูนย์วิทยพัทยาการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

- [1] Gonzalez, R. C., and Woods R. E. Digital Image Processing. Second Edition. United States of America: Prentice-Hall, 2002.
- [2] Mitchell, T. M. Machine Learning. United States of America: McGraw-Hill, 1997.
- [3] Lee, H. J., Chen, S. Y., and Wang, S. Z. Extraction and Recognition of License Plates of Motorcycles and Vehicles on Highways. Proceeding of 17th International Conference on Pattern Recognition 4 (August 2004): 356-359.
- [4] Chiu, C. C., Ku, M. Y., and Chen, H. T. Motorcycle Detection and Tracking System with Occlusion Segmentation. Eight International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Service (WIAMIS'07) 8 (June 2007): 32.
- [5] Goyal, A., and Verma, B. A Neural Network based Approach for the Vehicle Classification. Proceedings of the 2007 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Image and Signal Processing CIISP'2007 (April 2007): 226-231.
- [6] Tai, J. C., and Song, K. T. Automatic Contour Initialization for Image Tracking of Multi-Lane Vehicles and Motorcycles. Intelligent Transportation System Proceedings 1 (October 2003): 808-813.
- [7] Qiang, W., and others. Car Plate Detection Using Cascaded Tree-Style Learner Based on Hybrid Object Features. Proceeding of the IEEE International Conference on Video and Signal Based Surveillance (AVSS'06) (November 2006): 15.
- [8] Sirithinaphong, T., and Chamnongthai, K. The Recognition of Car License Plate for Automatic Parking System. Proceeding of Fifth International Symposium on Signal Processing and Its Applications ISSPA'99 1 (August 1999): 22-25.
- [9] Parisi, R., Di Claudio, E. D., Lucarelli, G., and Orlandi, G. Car Plate Recognition by Neural Networks and Image Processing. Proceeding of the 1998 IEEE International Symposium on Circuits and Systems ISCAS'98 3 (1998): 195-198.
- [10] Kim, K. K., Kim, K. I., Kim, J. B., and Kim, H. J. Learning-Based Approach for License Plate Recognition. Neural Networks for Signal Processing X, 2000. Proceedings of the 2000 IEEE Signal Processing Society Workshop 2 (December 2000): 614-623.

- [11] Rattanathamawat, P., and Chalidabhongse, T. H. A Car Plate Detector using Edge Information. Proceeding of International Symposium on Communications and Information Technologies ISCIT'06 (October-September 2006): 1039-1043.
- [12] Kato, T., Ninomiya, Y., and Masaki, I. Preceding Vehicle Recognition Based on Learning From Sample Images. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 3 (December 2002): 252-260.
- [13] Qiu, Z., Yao, D., Zhang, Y., Ma, D., and Liu, X. The Study of the Detection of Pedestrian and Bicycle using Image Processing. Intelligent Transportation Systems, 2003. Proceedings. 2003 IEEE 1 (October 2003): 340-345.

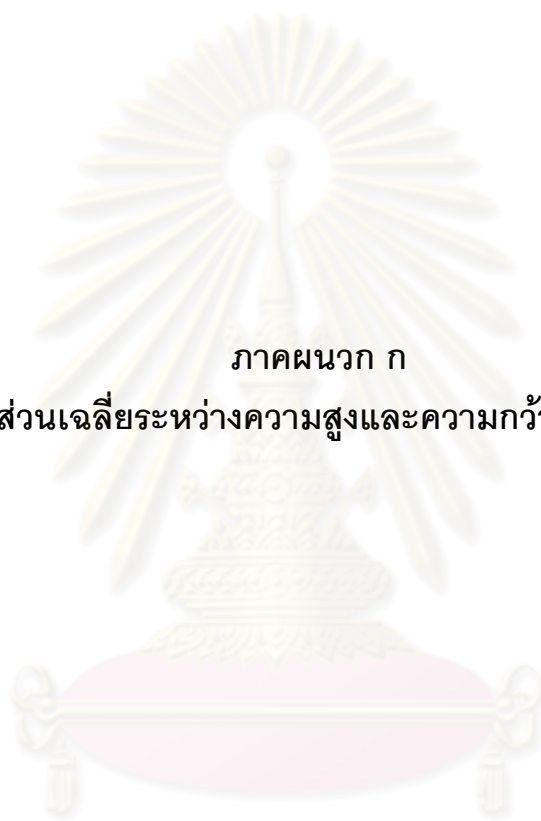


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

การหาค่าอัตราส่วนเฉลี่ยระหว่างความสูงและความกว้างของรถจักรยานยนต์

ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-1 การหาค่าอัตราส่วนเฉลี่ยระหว่างความสูงและความกว้างของรถจักรยานยนต์

รถจักรยานยนต์ ลำดับที่	ภาพที่	ความสูง (พิกเซล)	ความกว้าง (พิกเซล)	อัตราส่วน
1	1	240	102	2.352941
2		266	115	2.313043
3	2	340	153	2.222222
4		270	138	1.956522
5		248	103	2.407767
6	3	273	125	2.184
7	4	265	122	2.172131
8	5	273	105	2.6
9	6	275	113	2.433628
10	7	285	123	2.317073
11	8	290	118	2.457627
12	9	286	115	2.486957
13	10	290	130	2.230769
14	11	285	120	2.375
15	12	288	130	2.215385
16	13	293	121	2.421488
17		244	98	2.489796
18	14	270	120	2.25
19	15	245	100	2.45
20	16	265	103	2.572816
21	17	255	104	2.451923
22	18	269	120	2.241667
23	19	265	112	2.366071
24	20	270	123	2.195122
25	21	279	123	2.268293
26	22	284	130	2.184615

ตารางที่ ก-1 การหาค่าอัตราส่วนเฉลี่ยระหว่างความสูงและความกว้างของรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

รถจักรยานยนต์ ลำดับที่	ภาพที่	ความสูง (พิกเซล)	ความกว้าง (พิกเซล)	อัตราส่วน
27	23	265	110	2.409091
28	24	278	122	2.278689
29	25	270	110	2.454545
30	26	283	123	2.300813
31	27	284	108	2.62963
32	28	284	116	2.448276
33	29	262	98	2.673469
34	30	266	105	2.533333
35	31	253	105	2.409524
36	32	283	120	2.358333
37		219	93	2.354839
38	33	256	123	2.081301
39	34	226	100	2.26
40	35	245	108	2.268519
41	36	280	118	2.372881
42	37	232	94	2.468085
43	38	240	106	2.264151
44	39	240	98	2.44898
45	40	243	112	2.169643
46	41	229	98	2.336735
47	42	250	110	2.272727
48	43	240	102	2.352941
49	44	226	100	2.26
50		275	108	2.546296
51	45	250	110	2.272727
52	46	248	125	1.984

ตารางที่ ก-1 การหาค่าอัตราส่วนเฉลี่ยระหว่างความสูงและความกว้างของรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

รถจักรยานยนต์ ลำดับที่	ภาพที่	ความสูง (พิกเซล)	ความกว้าง (พิกเซล)	อัตราส่วน
53	47	236	103	2.291262
54	48	260	110	2.363636
55	49	239	102	2.343137
56	50	264	108	2.444444
57	51	263	112	2.348214
58	52	235	106	2.216981
59	53	240	105	2.285714
60		280	130	2.153846
61	54	260	113	2.300885
62	55	225	99	2.272727
63	56	259	112	2.3125
64	57	279	125	2.232
65	58	248	113	2.19469
66	59	282	123	2.292683
67	60	235	104	2.259615
68	61	270	125	2.16
69	62	245	110	2.227273
70	63	245	123	1.99187
71	64	225	100	2.25
72	65	263	106	2.481132
73	66	279	112	2.491071
74	67	235	115	2.043478
75	68	249	105	2.371429
76	69	305	125	2.44
77	70	277	123	2.252033
78	71	285	125	2.28

ตารางที่ ก-1 การหาค่าอัตราส่วนเฉลี่ยระหว่างความสูงและความกว้างของรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

รถจักรยานยนต์ ลำดับที่	ภาพที่	ความสูง (พิกเซล)	ความกว้าง (พิกเซล)	อัตราส่วน
79	72	232	98	2.367347
80	73	303	118	2.567797
81	74	303	128	2.367188
82	75	272	119	2.285714
83	76	295	125	2.36
84	77	263	140	1.878571
85	78	270	112	2.410714
86	79	249	99	2.515152
87	80	274	132	2.075758
88	81	271	106	2.556604
89		269	118	2.279661
90	82	268	119	2.252101
91	83	265	115	2.304348
92	84	272	118	2.305085
93	85	248	110	2.254545
94		243	100	2.43
95		349	155	2.251613
96	86	276	114	2.421053
97	87	333	145	2.296552
98		217	94	2.308511
99	88	253	110	2.3
100		346	135	2.562963

หมายเหตุ

ภาพที่นำมาหาอัตราส่วนของรถจักรยานยนต์ หนึ่งภาพอาจจะรถจักรยานยนต์มากกว่า หนึ่งคัน ได้ เช่น ภาพที่ 85 มีรถจักรยานยนต์ จำนวน 3 คัน คือ รถจักรยานยนต์ลำดับที่ 93 ถึง 95 เป็นต้น



ภาคผนวก ข

ข้อมูลและอัตราส่วนของป้ายทะเบียนและรถจักรยานยนต์

ศูนย์วิทยพัทยาการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลและอัตราส่วนของป้ายทะเบียนและรถจักรยานยนต์

ลำดับที่	ความสูงของ รถจักรยานยนต์ (ฟีกเซล)	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์		อัตราส่วน (ก)	อัตราส่วน (ข)
		ความกว้าง (ฟีกเซล)	ความยาว (ฟีกเซล)		
1	372	36	51	10.3333	1.41667
2	371	38	53	9.76316	1.39474
3	395	40	56	9.875	1.4
4	375	49	52	7.65306	1.06122
5	394	44	43	8.95455	0.97727
6	378	39	51	9.69231	1.30769
7	367	39	53	9.41026	1.35897
8	375	41	54	9.14634	1.31707
9	366	42	42	8.71429	1
10	395	46	45	8.58696	0.97826
11	385	41	55	9.39024	1.34146
12	370	39	50	9.48718	1.28205
13	371	41	53	9.04878	1.29268
14	382	40	55	9.55	1.375
15	388	44	44	8.81818	1
16	399	41	54	9.73171	1.31707
17	393	46	60	8.54348	1.30435
18	413	43	54	9.60465	1.25581
19	383	39	55	9.82051	1.41026
20	381	41	58	9.29268	1.41463
21	383	45	45	8.51111	1
22	382	43	43	8.88372	1
23	370	41	55	9.02439	1.34146
24	377	39	52	9.66667	1.33333

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลและอัตราส่วนของป้ายทะเบียนและรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ลำดับที่	ความสูงของ รถจักรยานยนต์ (ฟีกเซล)	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์		อัตราส่วน (ก)	อัตราส่วน (ข)
		ความกว้าง (ฟีกเซล)	ความยาว (ฟีกเซล)		
25	376	37	53	10.1622	1.43243
26	379	40	55	9.475	1.375
27	389	41	56	9.4878	1.36585
28	379	45	53	8.42222	1.17778
29	394	43	57	9.16279	1.32558
30	369	39	52	9.46154	1.33333
31	379	41	55	9.2439	1.34146
32	378	44	54	8.59091	1.22727
33	361	35	54	10.3143	1.54286
34	381	40	57	9.525	1.425
35	372	39	52	9.53846	1.33333
36	386	34	52	11.3529	1.52941
37	368	35	51	10.5143	1.45714
38	384	40	54	9.6	1.35
39	391	42	56	9.30952	1.33333
40	379	41	53	9.2439	1.29268
41	377	44	44	8.56818	1
42	379	43	46	8.81395	1.06977
43	376	40	52	9.4	1.3
44	389	46	58	8.45652	1.26087
45	390	46	56	8.47826	1.21739
46	412	45	56	9.15556	1.24444
47	381	47	56	8.10638	1.19149
48	378	45	57	8.4	1.26667

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลและอัตราส่วนของป้ายทะเบียนและรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ลำดับที่	ความสูงของ รถจักรยานยนต์ (ฟีกเซล)	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์		อัตราส่วน (ก)	อัตราส่วน (ข)
		ความกว้าง (ฟีกเซล)	ความยาว (ฟีกเซล)		
49	387	42	54	9.21429	1.28571
50	402	45	54	8.93333	1.2
51	400	43	56	9.30233	1.30233
52	390	41	55	9.5122	1.34146
53	390	41	54	9.5122	1.31707
54	387	45	56	8.6	1.24444
55	387	45	56	8.6	1.24444
56	370	39	41	9.48718	1.05128
57	378	42	43	9	1.02381
58	392	42	58	9.33333	1.38095
59	377	39	53	9.66667	1.35897
60	361	39	52	9.25641	1.33333
61	384	39	57	9.84615	1.46154
62	370	40	53	9.25	1.325
63	366	46	54	7.95652	1.17391
64	370	41	52	9.02439	1.26829
65	378	41	42	9.21951	1.02439
66	375	41	42	9.14634	1.02439
67	375	40	53	9.375	1.325
68	386	44	57	8.77273	1.29545
69	377	40	55	9.425	1.375
70	387	47	55	8.23404	1.17021
71	368	39	55	9.4359	1.41026
72	375	39	53	9.61538	1.35897

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลและอัตราส่วนของป้ายทะเบียนและรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ลำดับที่	ความสูงของ รถจักรยานยนต์ (ฟีกเซล)	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์		อัตราส่วน (ก)	อัตราส่วน (ข)
		ความกว้าง (ฟีกเซล)	ความยาว (ฟีกเซล)		
73	373	40	54	9.325	1.35
74	384	39	54	9.84615	1.38462
75	376	42	56	8.95238	1.33333
76	390	41	54	9.5122	1.31707
77	394	41	57	9.60976	1.39024
78	387	44	56	8.79545	1.27273
79	379	42	56	9.02381	1.33333
80	390	42	54	9.28571	1.28571
81	375	44	55	8.52273	1.25
82	381	42	53	9.07143	1.2619
83	386	41	54	9.41463	1.31707
84	390	40	54	9.75	1.35
85	384	41	54	9.36585	1.31707
86	386	42	54	9.19048	1.28571
87	386	45	54	8.57778	1.2
88	381	41	54	9.29268	1.31707
89	403	43	56	9.37209	1.30233
90	400	45	60	8.88889	1.33333
91	391	42	56	9.30952	1.33333
92	376	44	55	8.54545	1.25
93	377	43	54	8.76744	1.25581
94	379	38	51	9.97368	1.34211
95	382	40	55	9.55	1.375
96	365	39	52	9.35897	1.33333

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลและอัตราส่วนของป้ายทะเบียนและรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

ลำดับที่	ความสูงของ รถจักรยานยนต์ (ฟีกเซล)	ป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์		อัตราส่วน (ก)	อัตราส่วน (ข)
		ความกว้าง (ฟีกเซล)	ความยาว (ฟีกเซล)		
97	390	41	54	9.5122	1.31707
98	369	39	51	9.46154	1.30769
99	384	40	52	9.6	1.3
100	403	44	56	9.15909	1.27273

หมายเหตุ

จากตารางที่ ข อัตราส่วน (ก) แทน อัตราส่วนระหว่างความสูงของรถ จักรยานยนต์ กับความกว้างของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์คันเดียวกัน และอัตราส่วน (ข) แทน อัตราส่วนระหว่างความยาวกับความกว้างของป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ค

ตัวอย่างสอนที่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ สำหรับช่างงานประสาทเทียม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

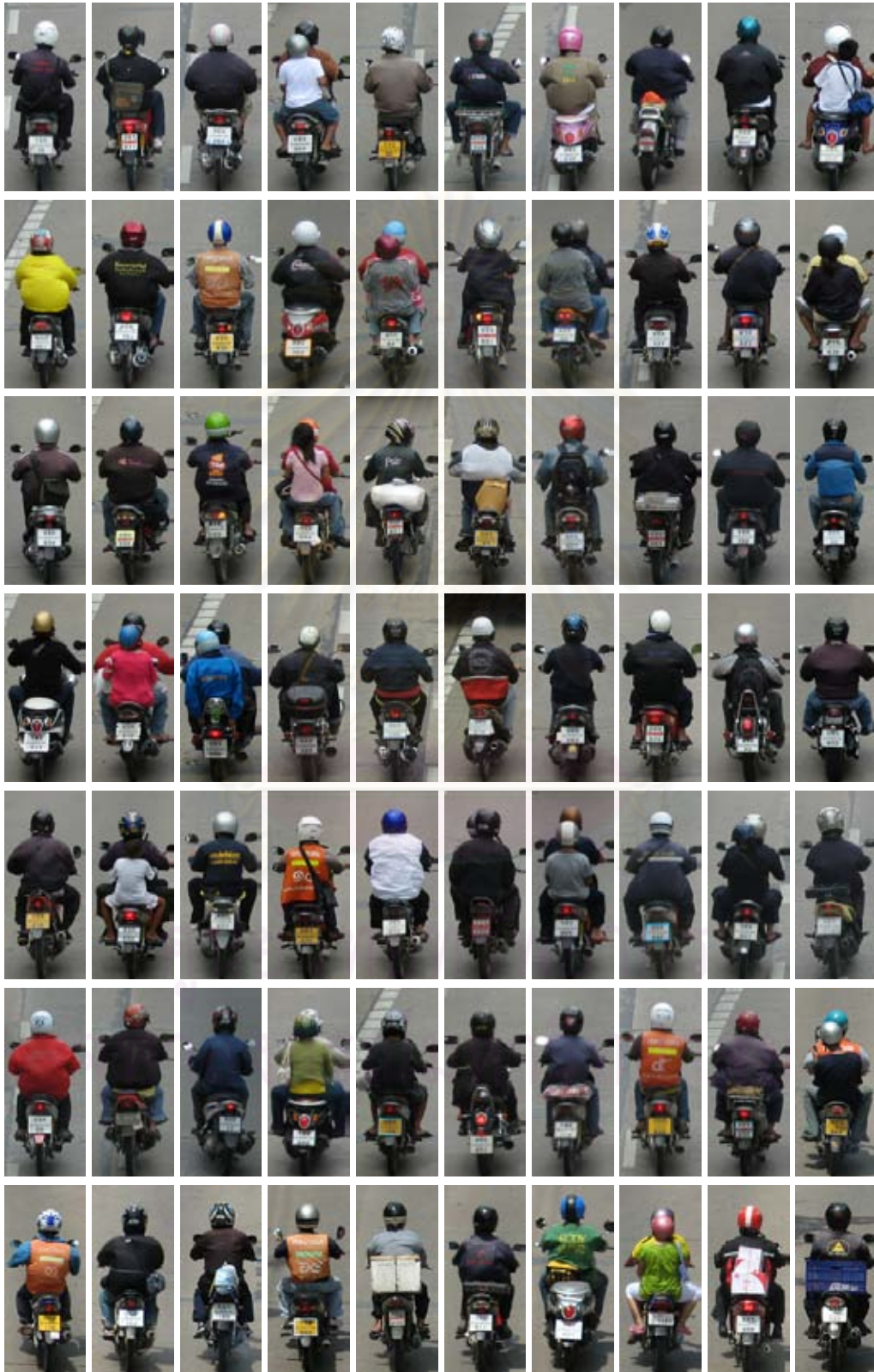
ตารางที่ ค-1 ตัวอย่างสอนที่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 308 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ข่ายงานประสาทเทียม



ตารางที่ ค-1 ตัวอย่างสอนที่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 308 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทเทียม (ต่อ)



ตารางที่ ค-1 ตัวอย่างสอนที่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 308 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทดัดเทียม (ต่อ)



ตารางที่ ค-1 ตัวอย่างสอนที่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 308 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทเทียม (ต่อ)



ตารางที่ ค-1 ตัวอย่างสอนที่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 308 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทดัดเทียม (ต่อ)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

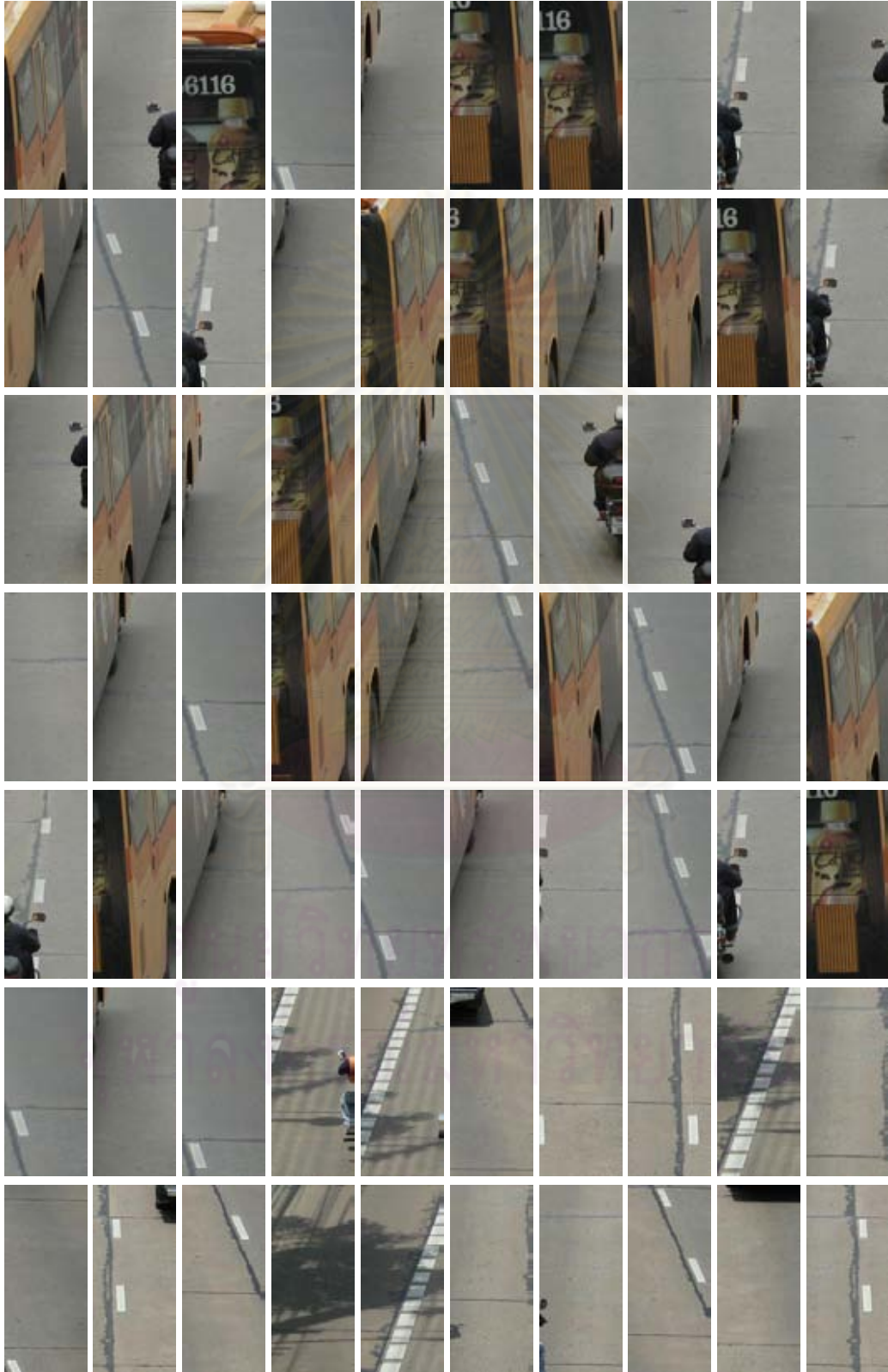


ภาคผนวก ง

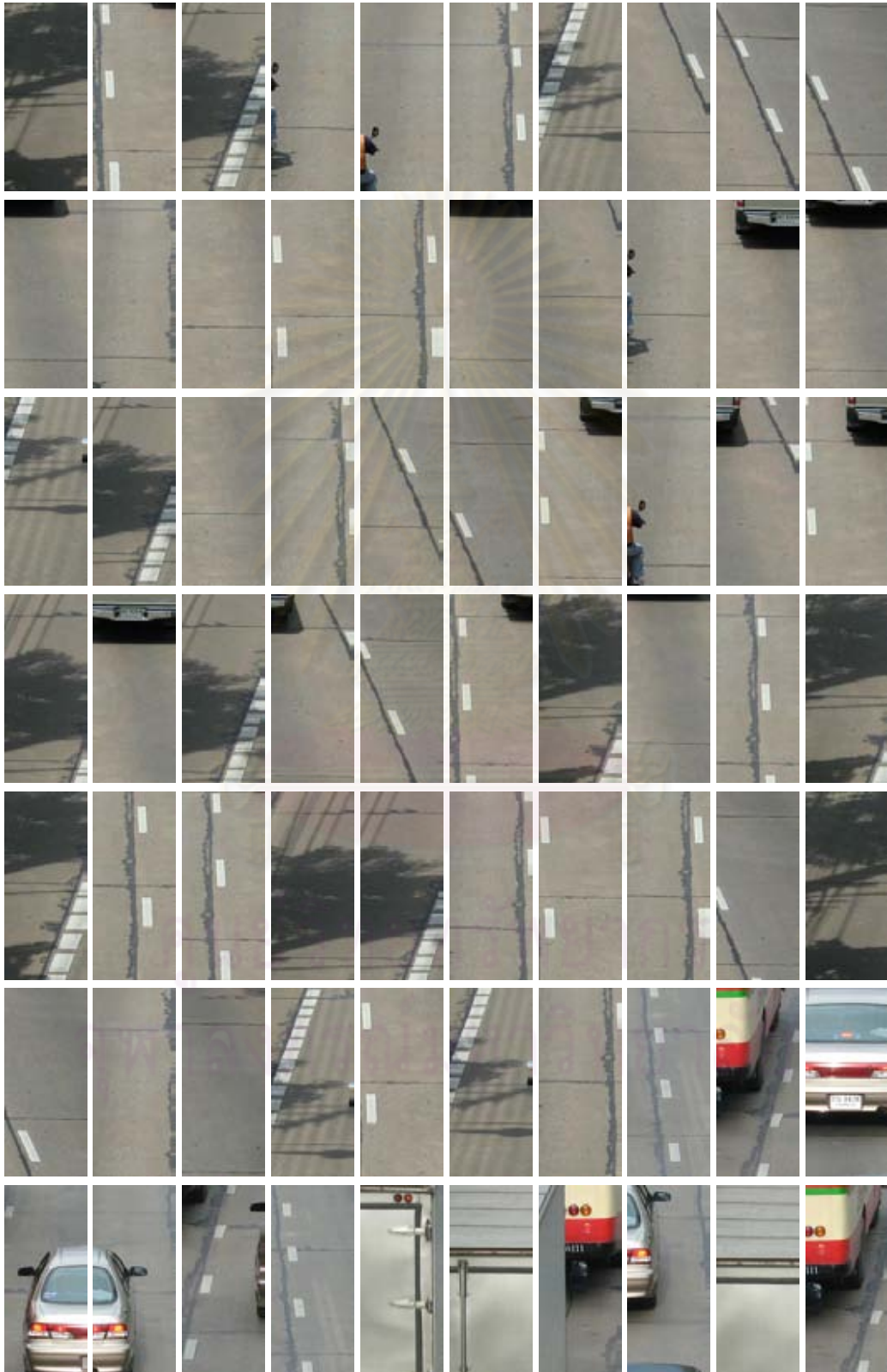
ตัวอย่างสอนที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ สำหรับช่างงานประสาทเทียม

ศูนย์วิทยพัทพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

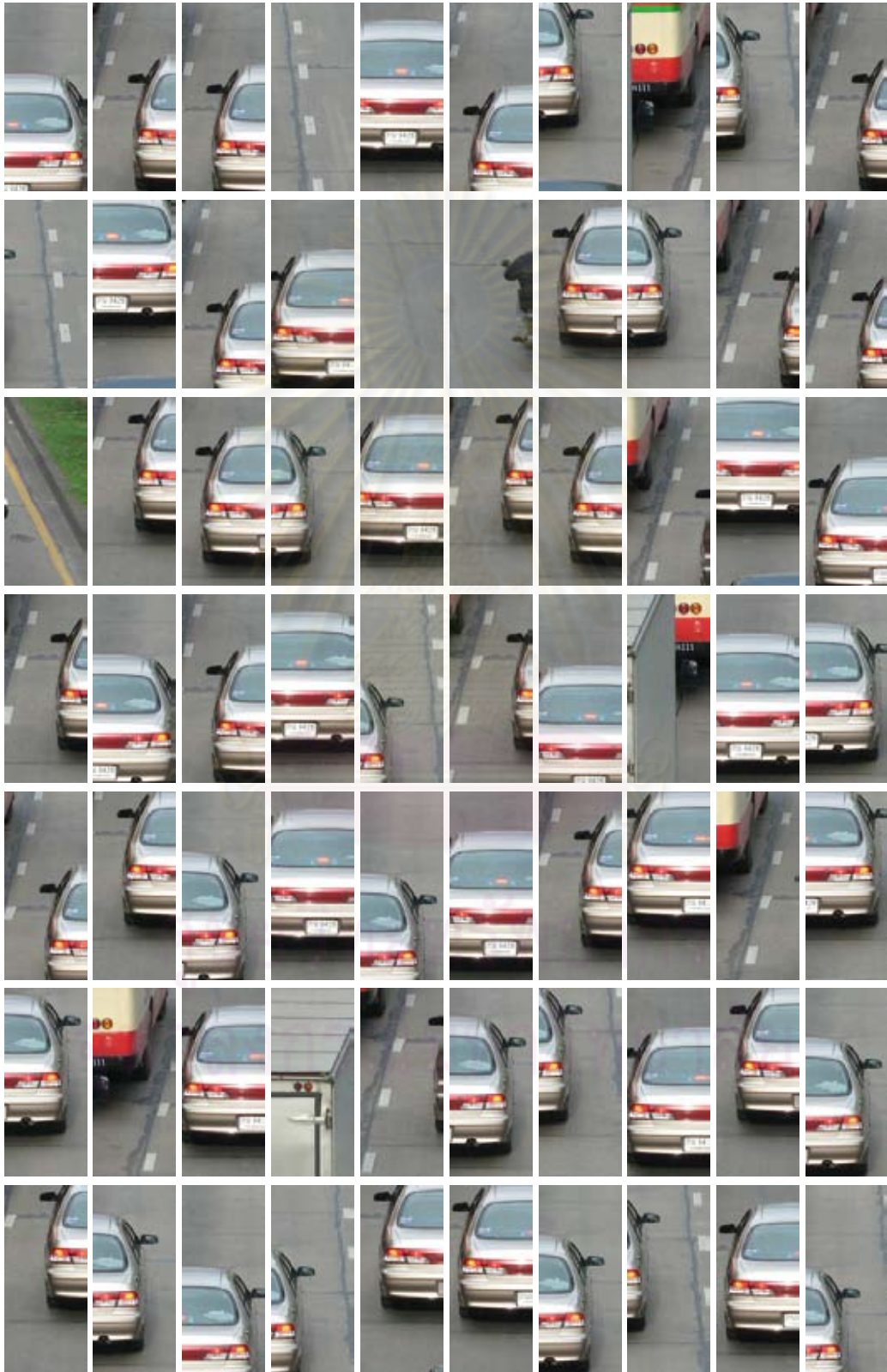
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสไลด์ที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอนช่างงานประสาทดเทียม



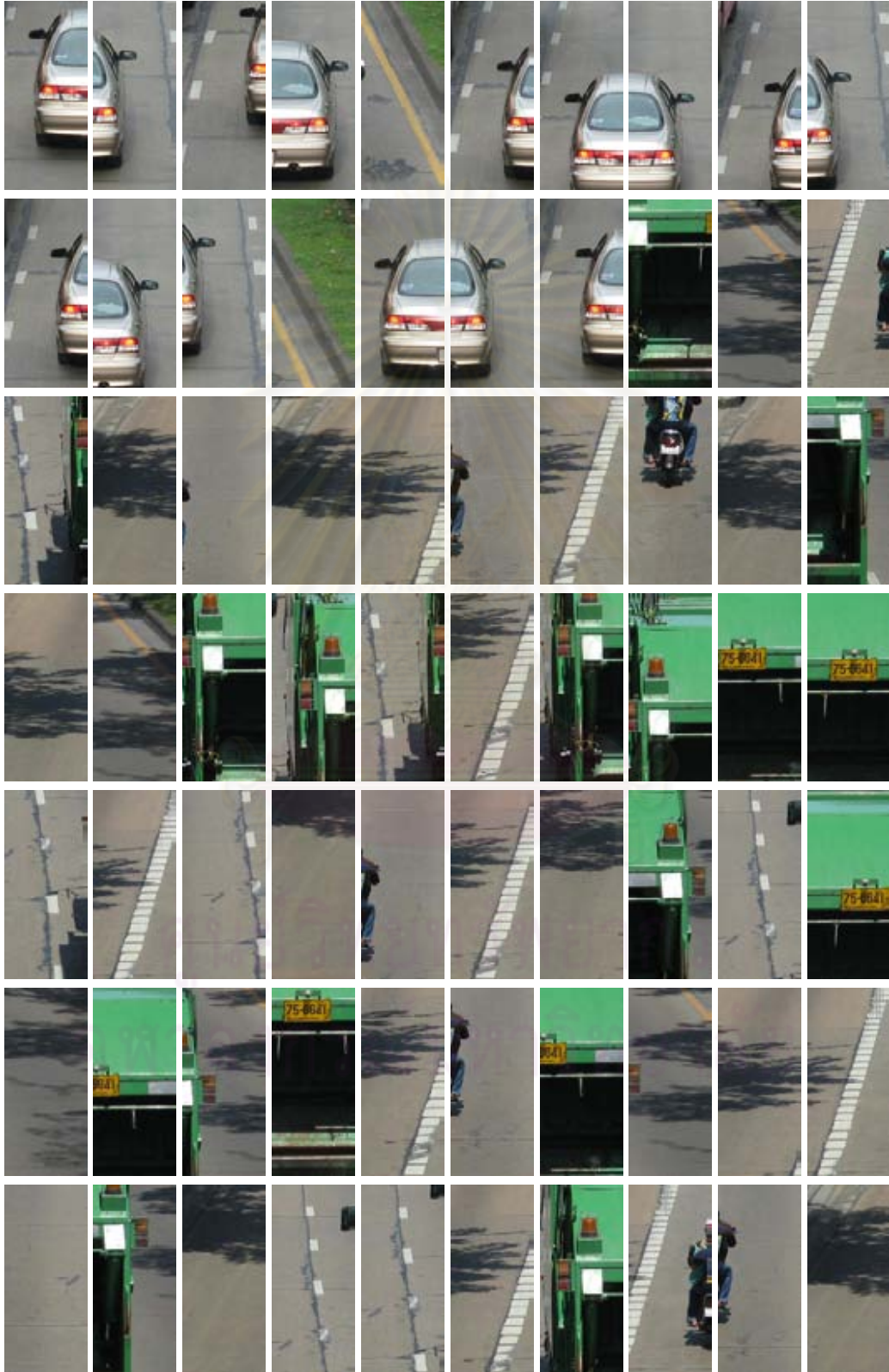
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสไลด์ที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทเทียม (ต่อ)



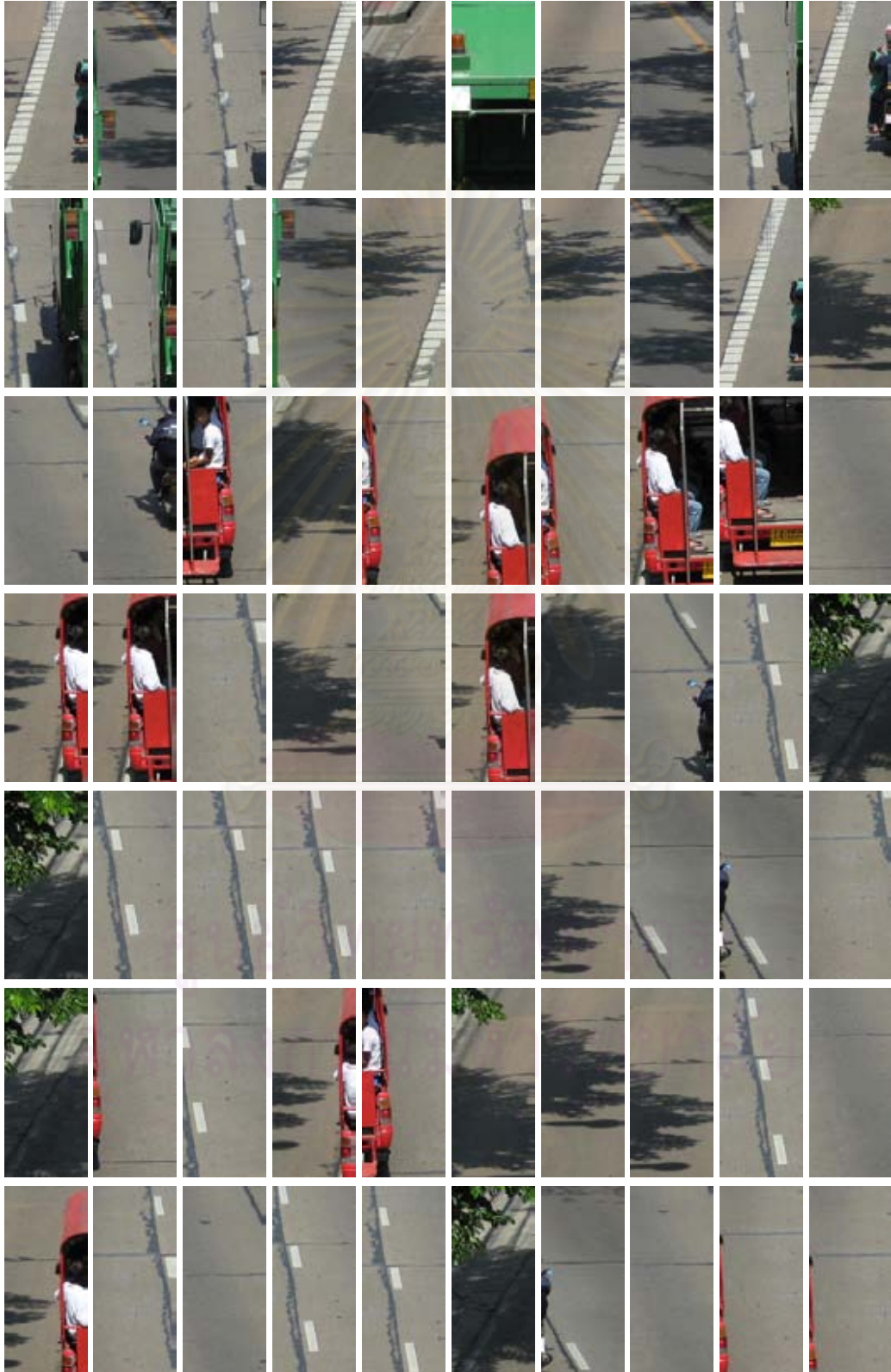
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสอนที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ข่ายงานประสาทเทียม (ต่อ)



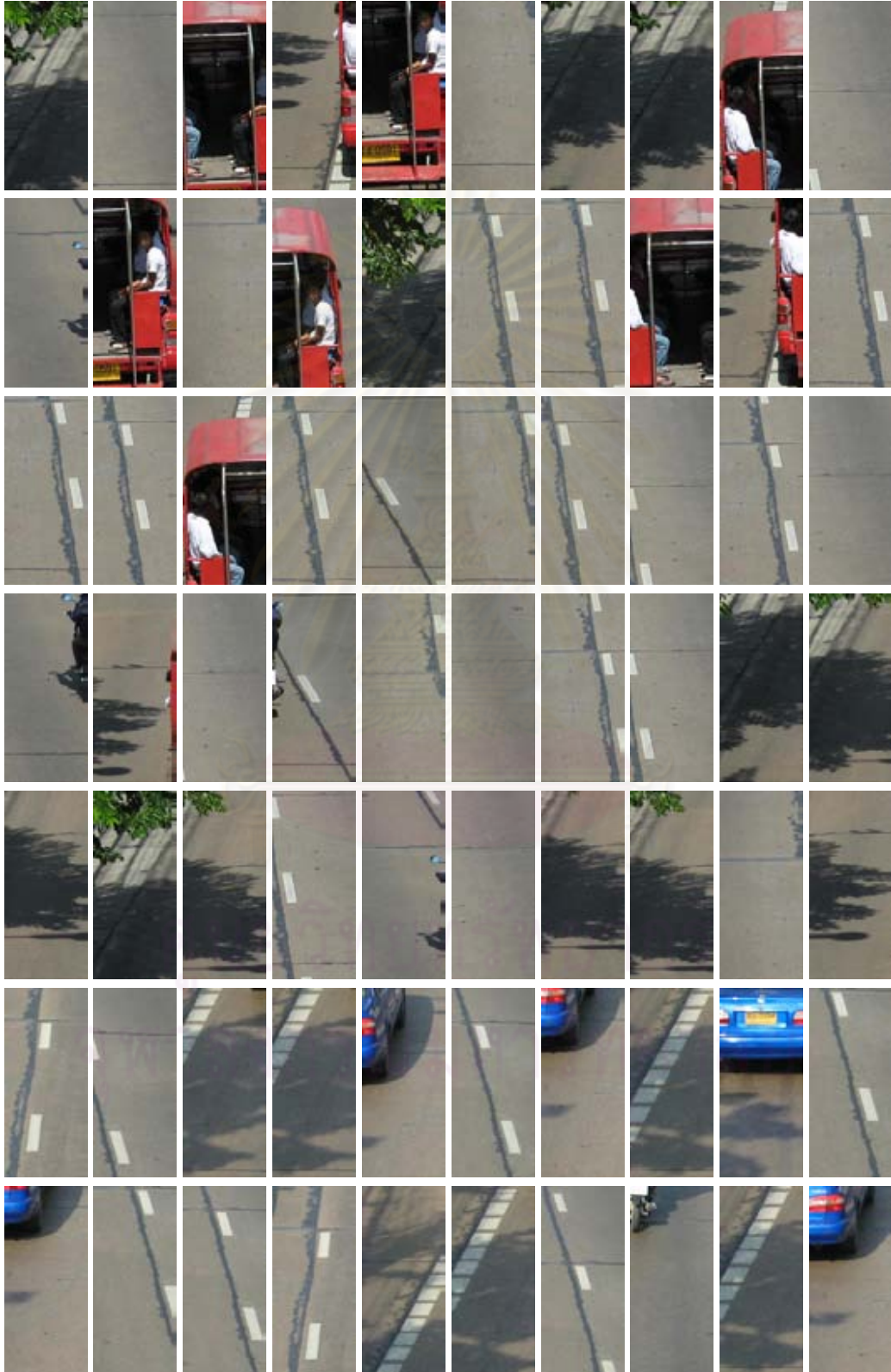
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสไลด์ที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทเทียม (ต่อ)



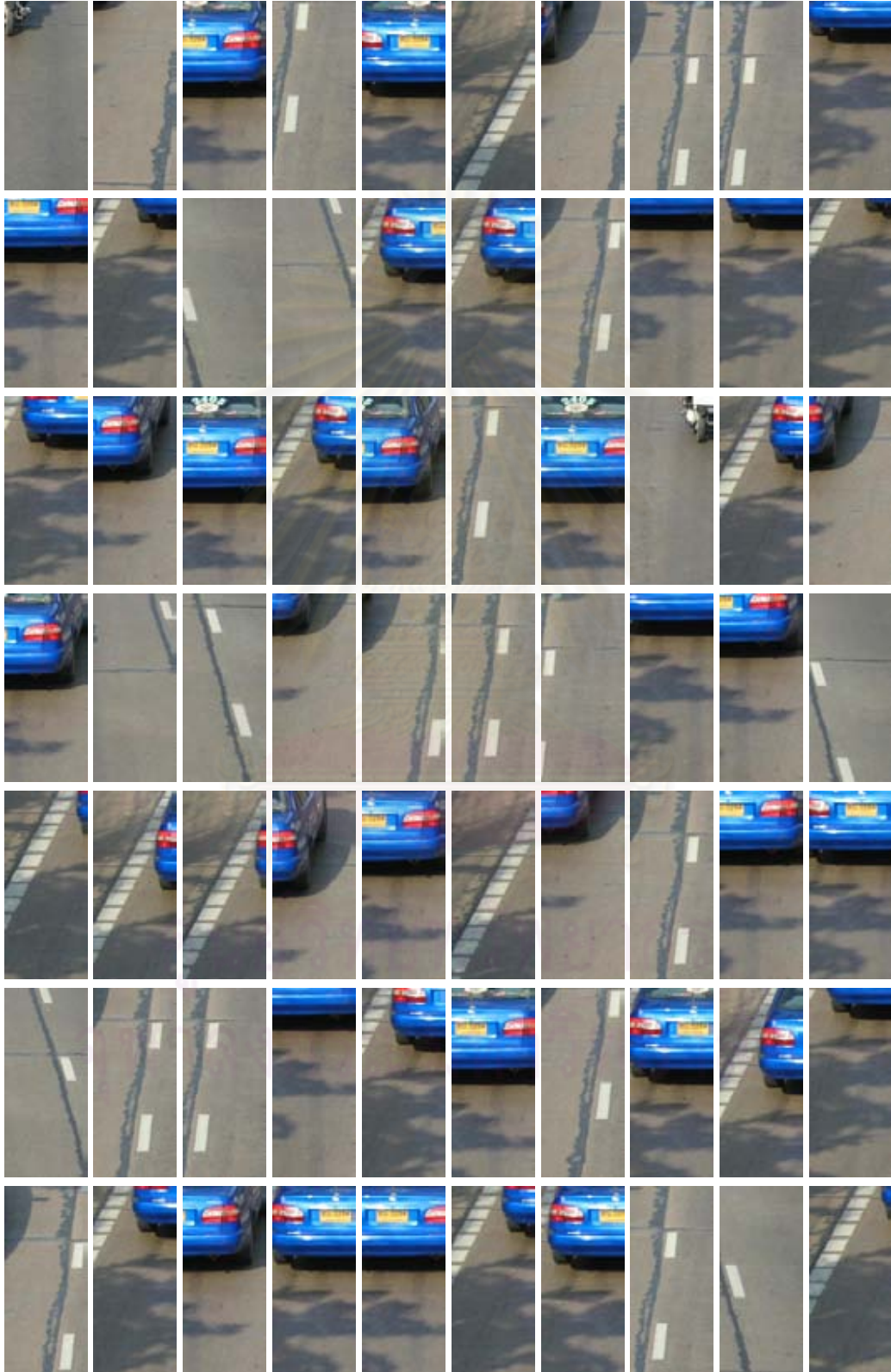
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสไลด์ที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทดัดเทียม (ต่อ)



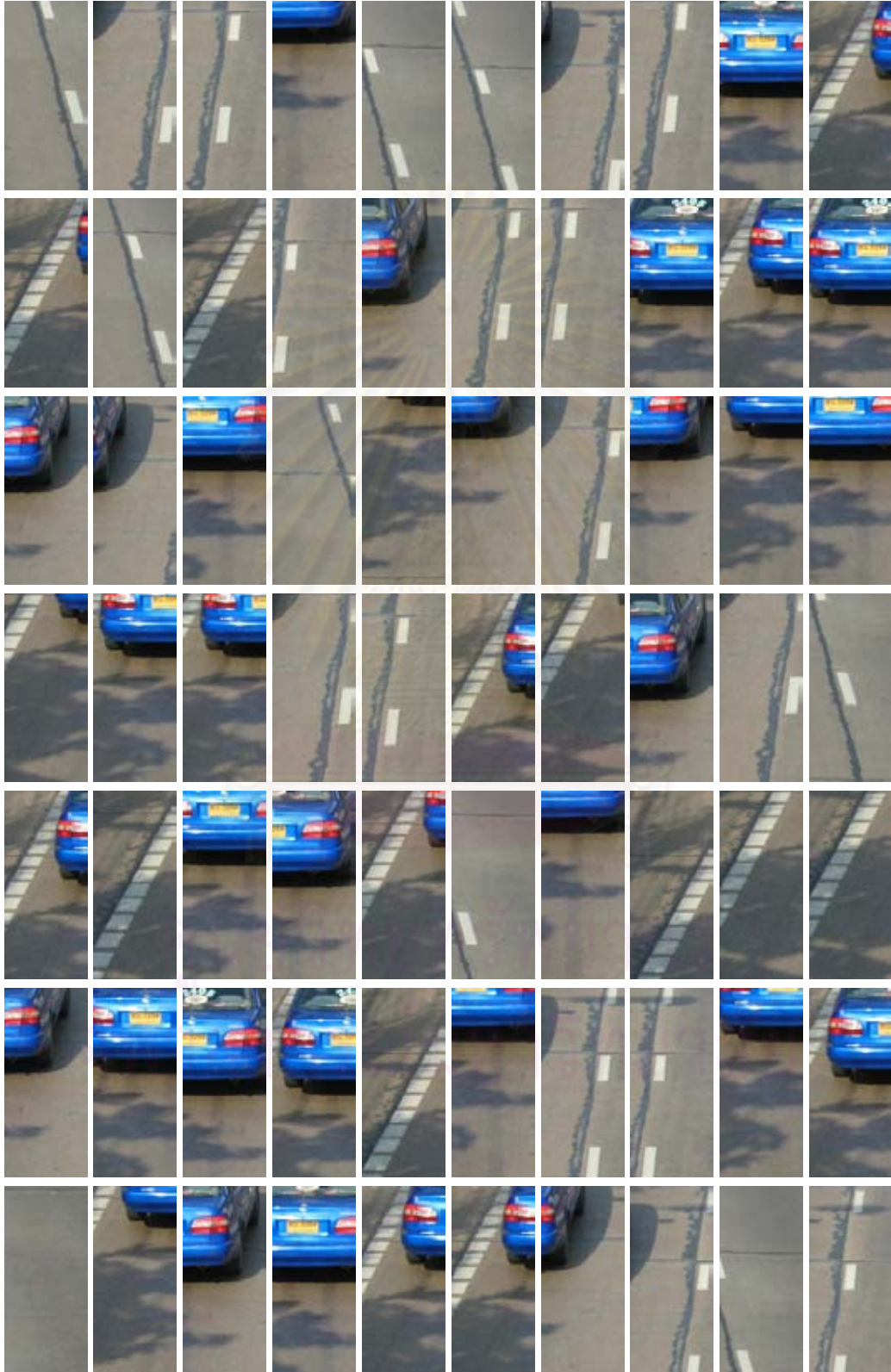
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสไลด์ที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทดัดเทียม (ต่อ)



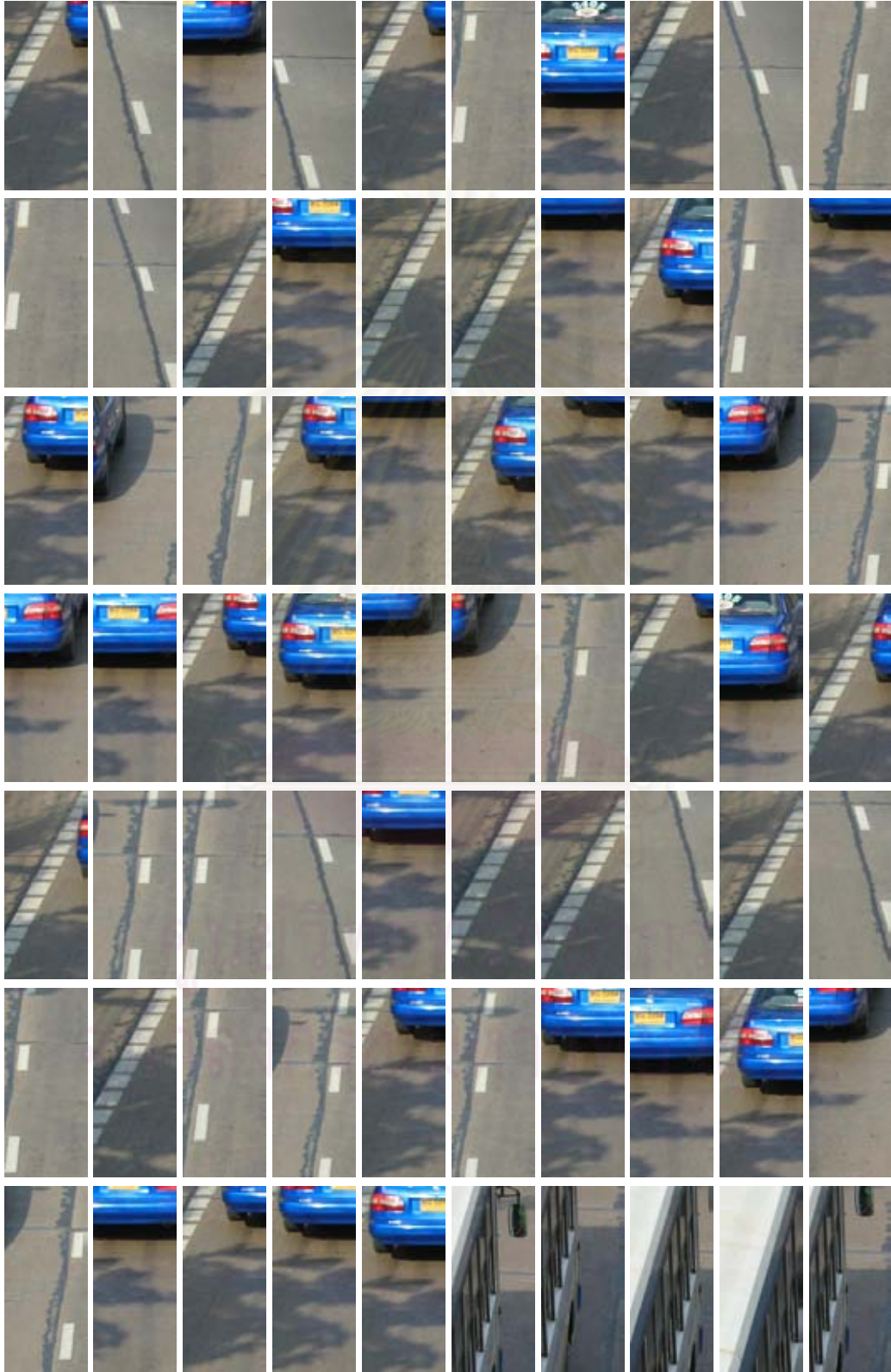
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสอนที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทเทียม (ต่อ)



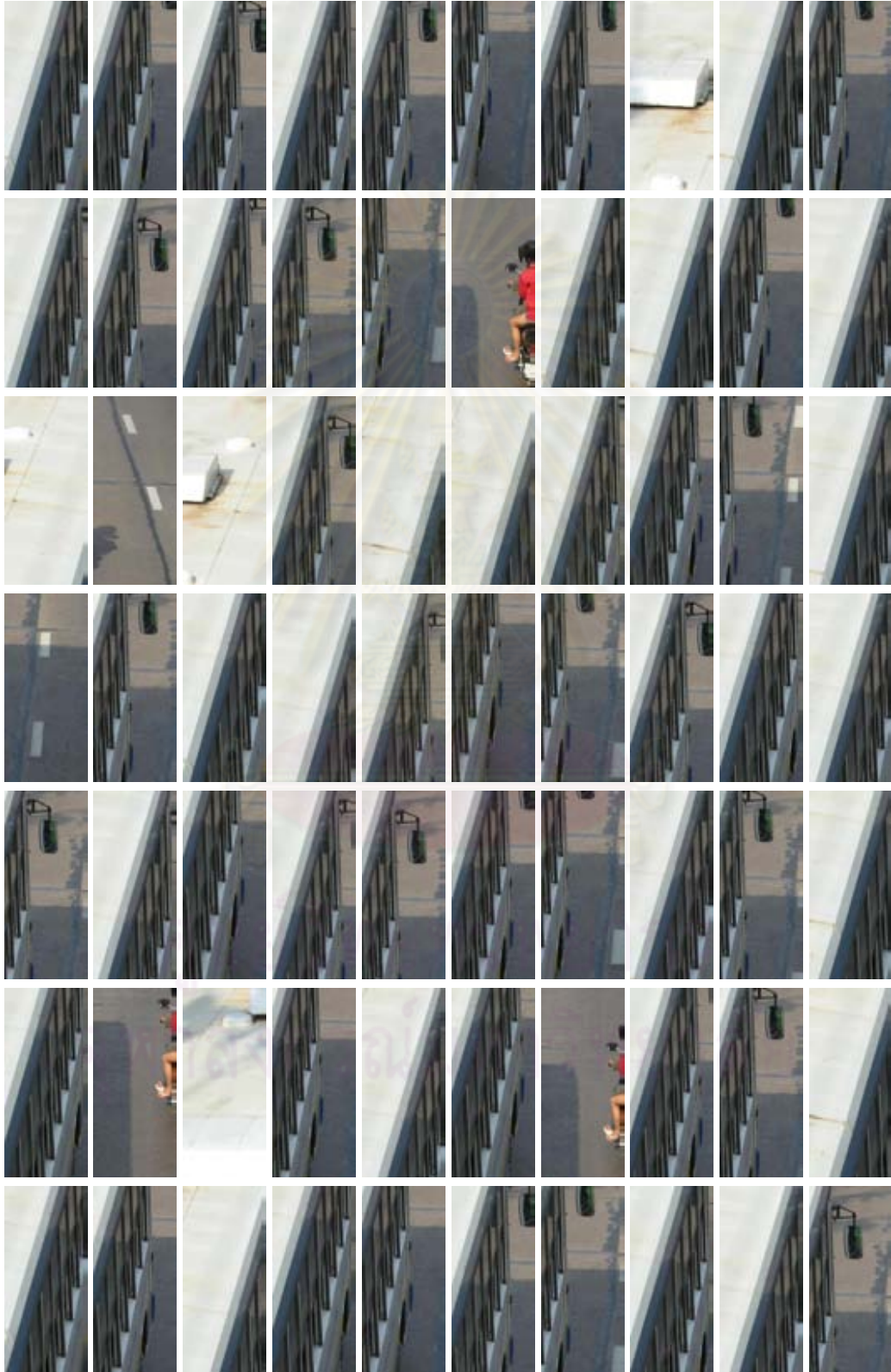
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสอนที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทเทียม (ต่อ)



ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสอนที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทเทียม (ต่อ)



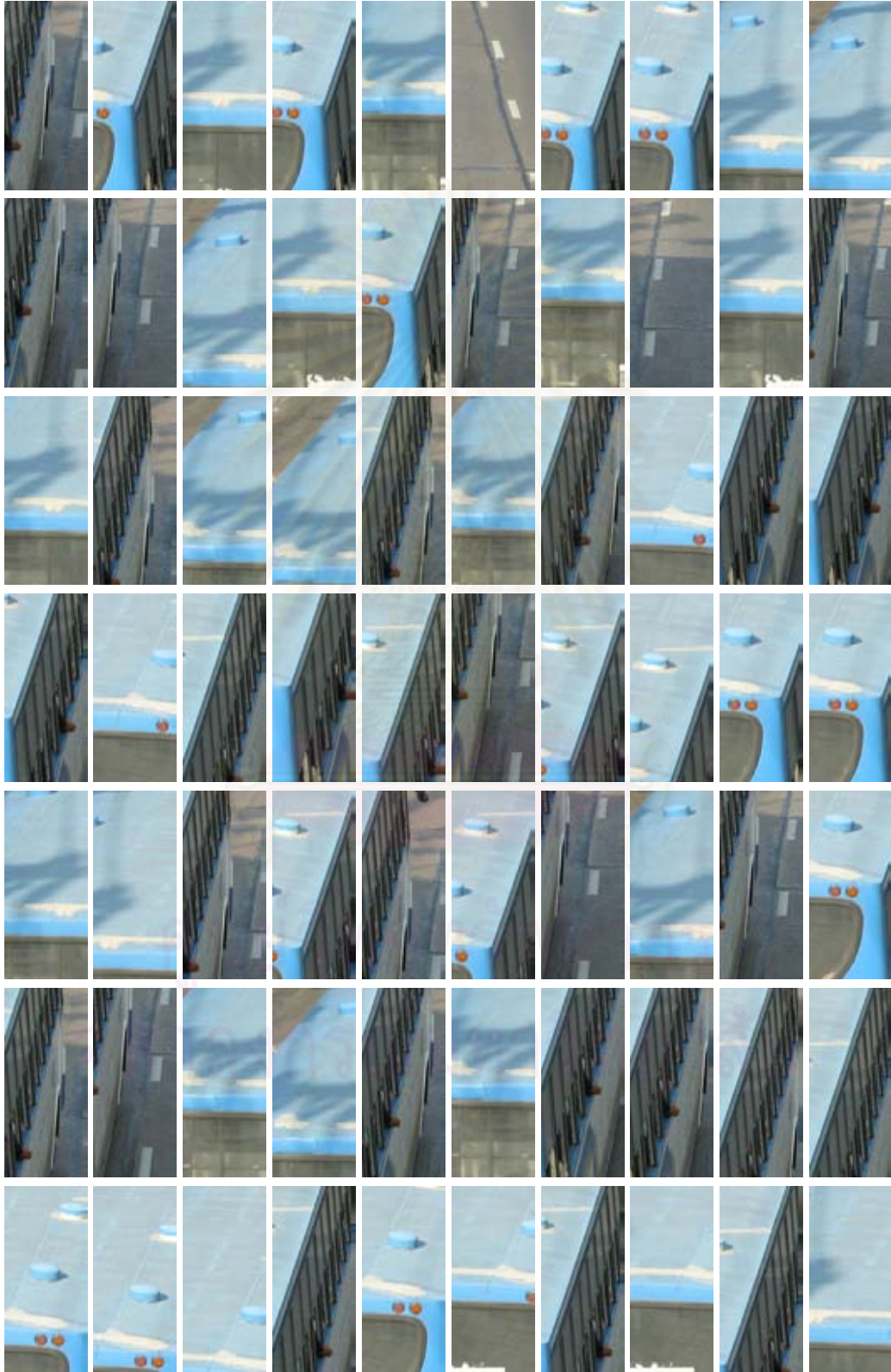
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสไลด์ที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทดัดเทียม (ต่อ)



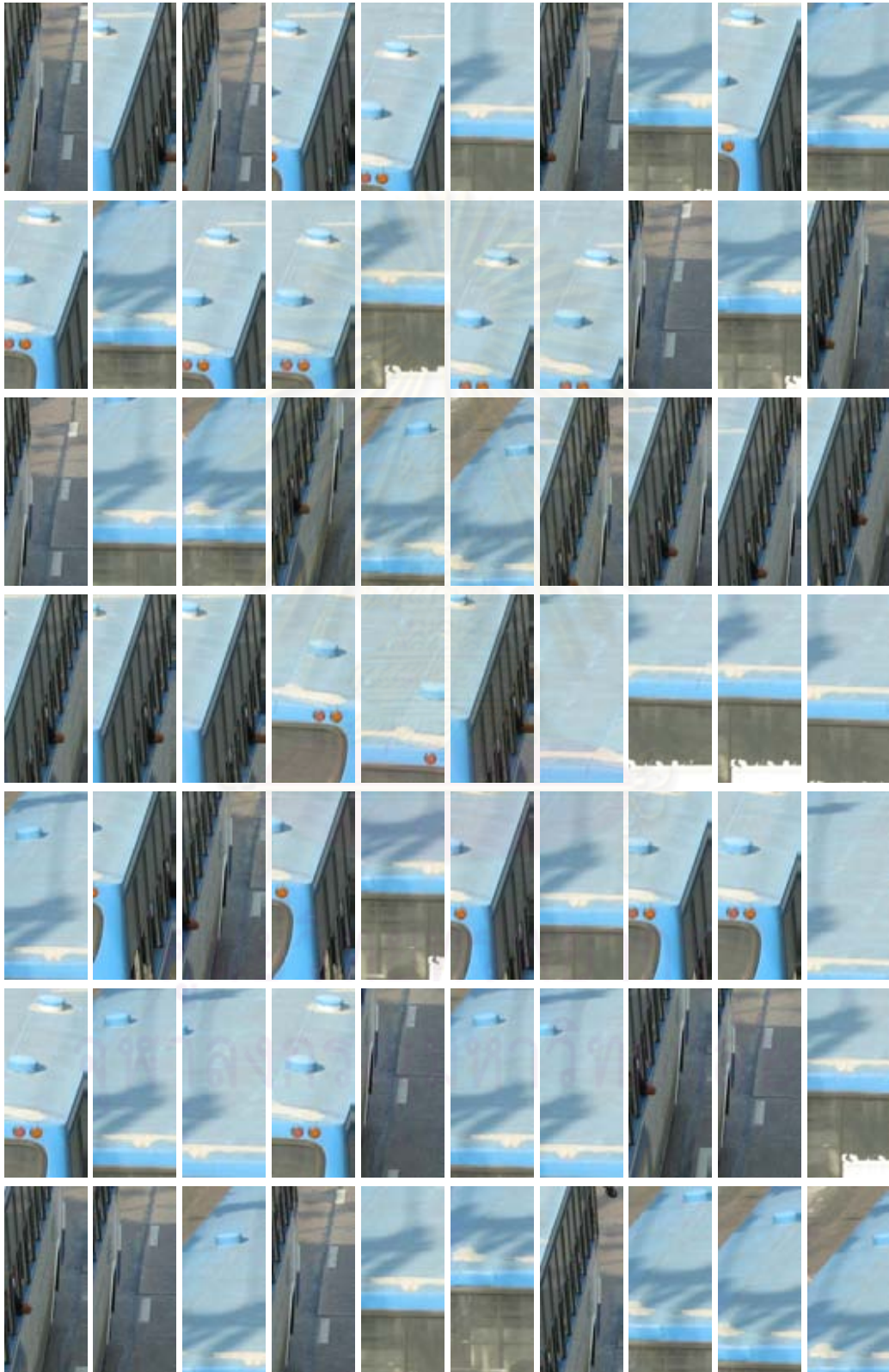
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสไลด์ที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทดัดเทียม (ต่อ)



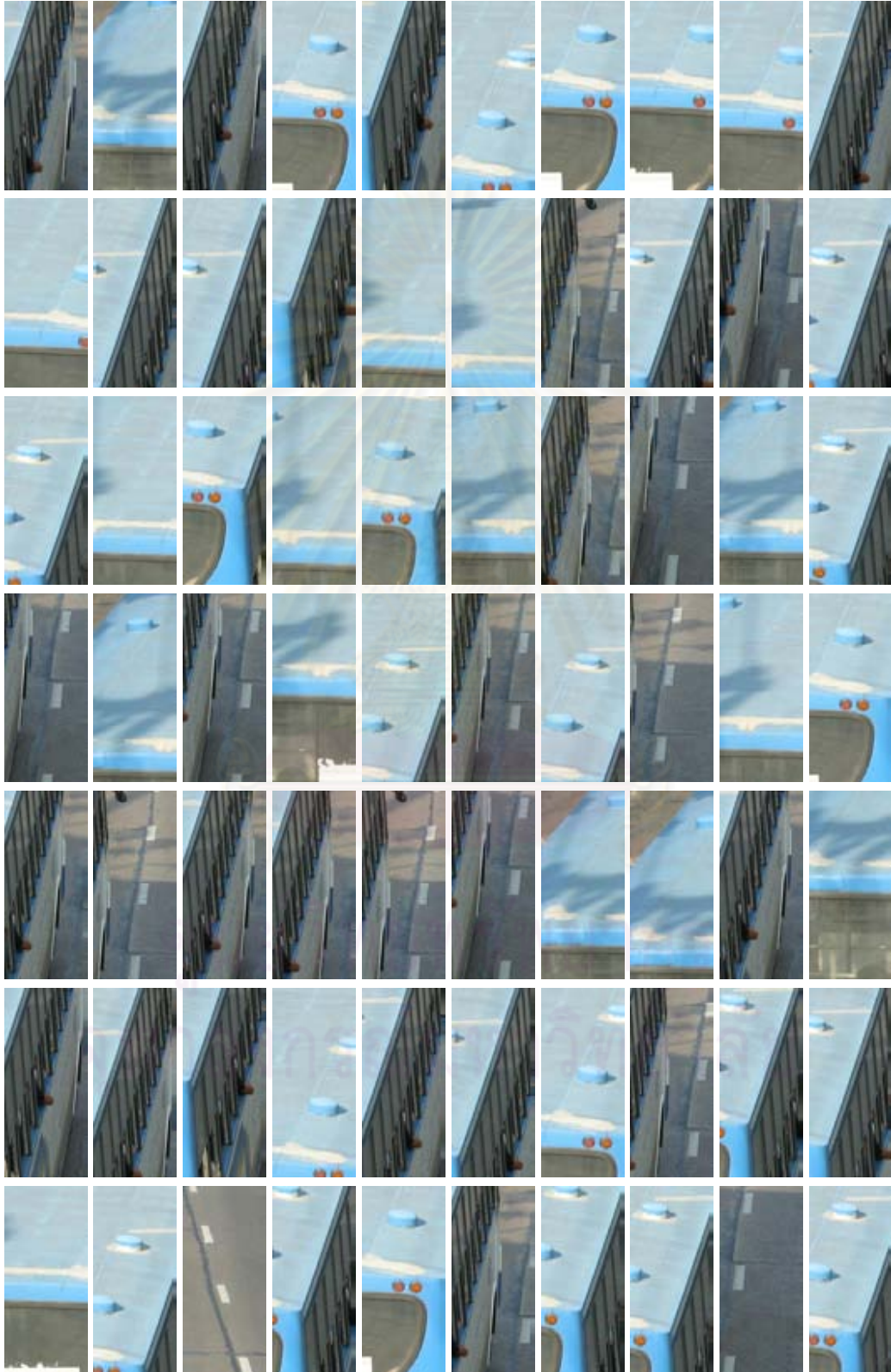
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสไลด์ที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทดัดเทียม (ต่อ)



ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสอนที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทดัดเทียม (ต่อ)



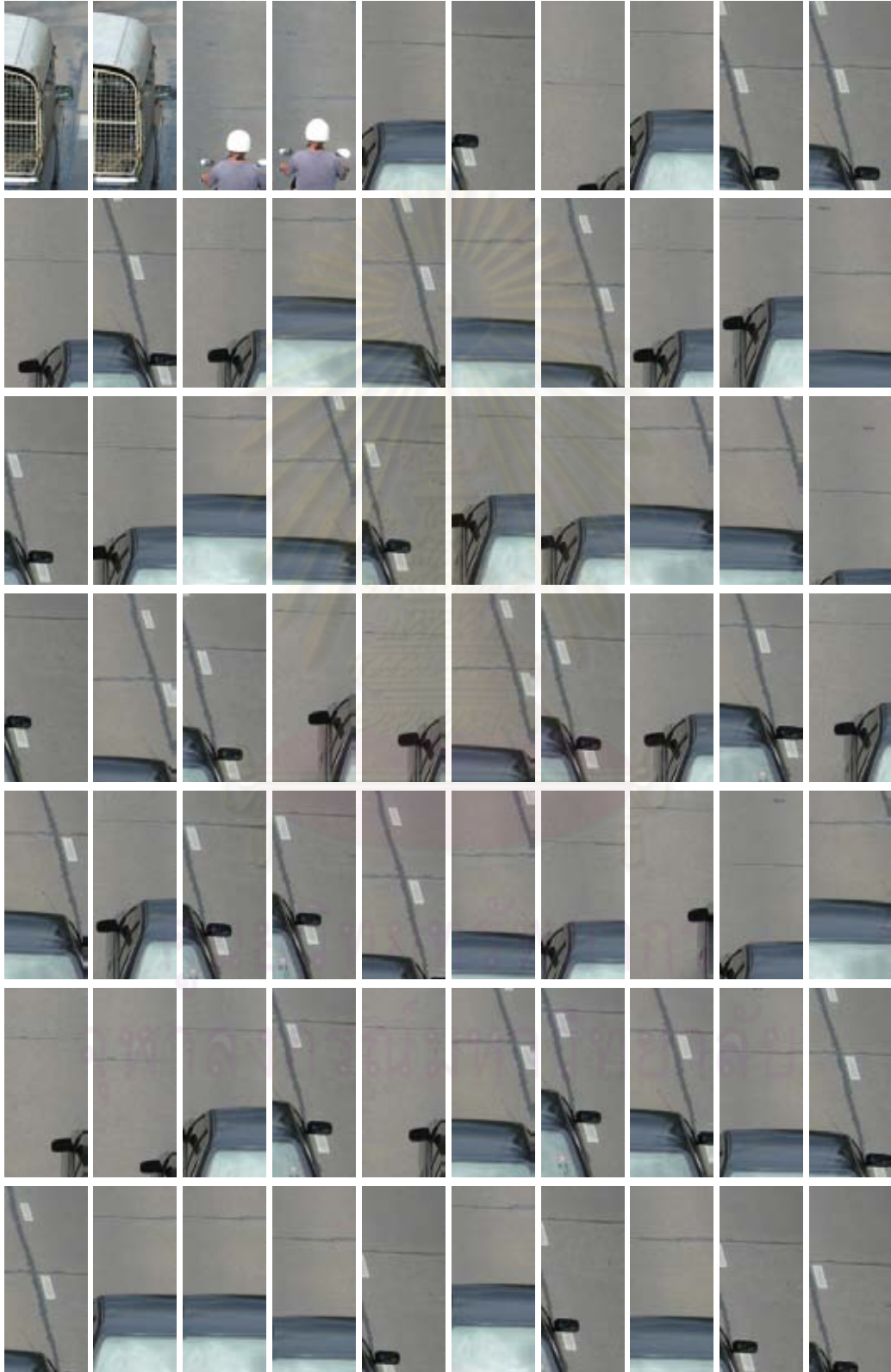
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสอนที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทดัดเทียม (ต่อ)



ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสไลด์ที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทดัดเทียม (ต่อ)



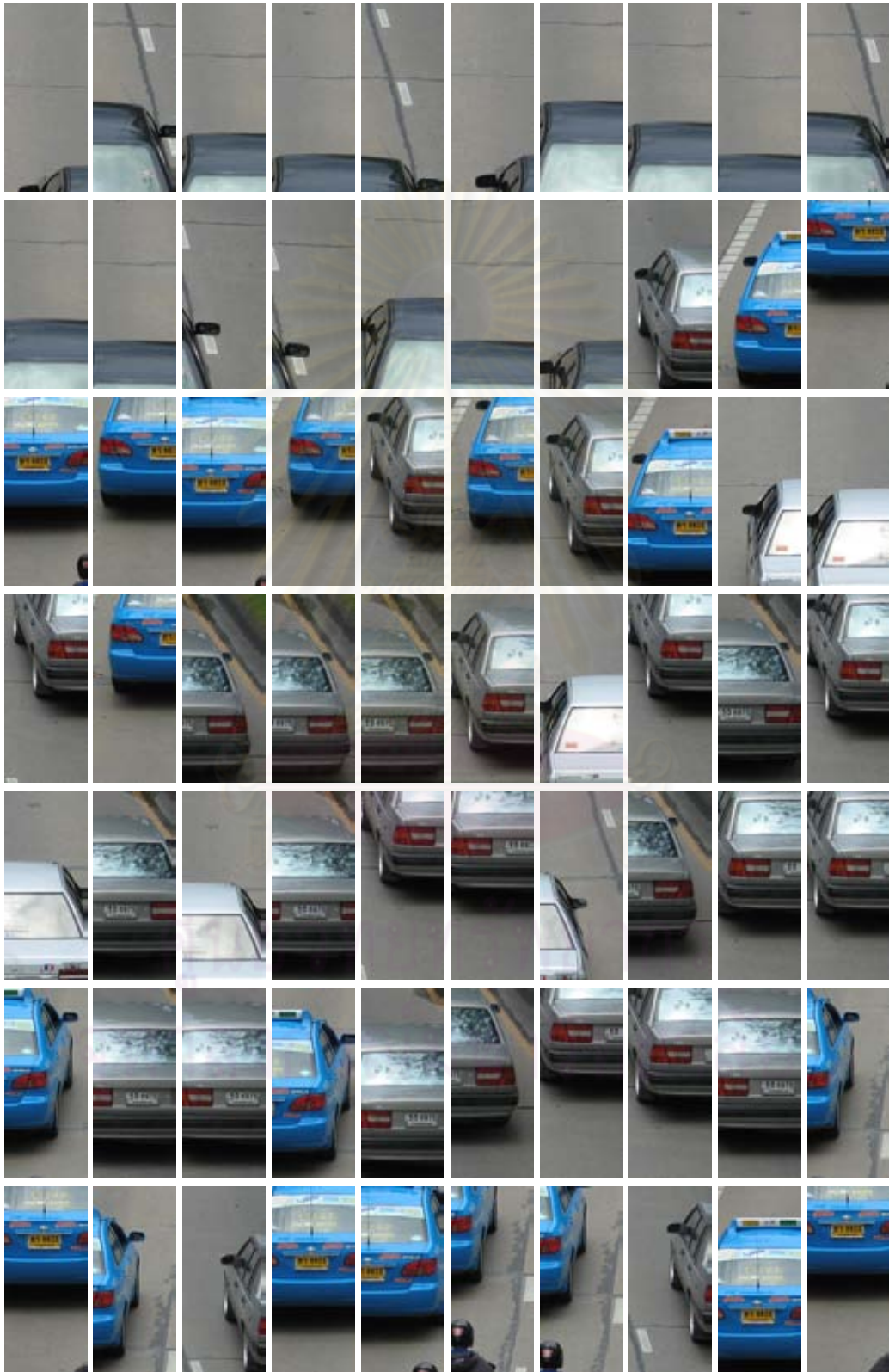
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสไลด์ที่ไม่มีรถจักรยายนยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทดัดเทียม (ต่อ)



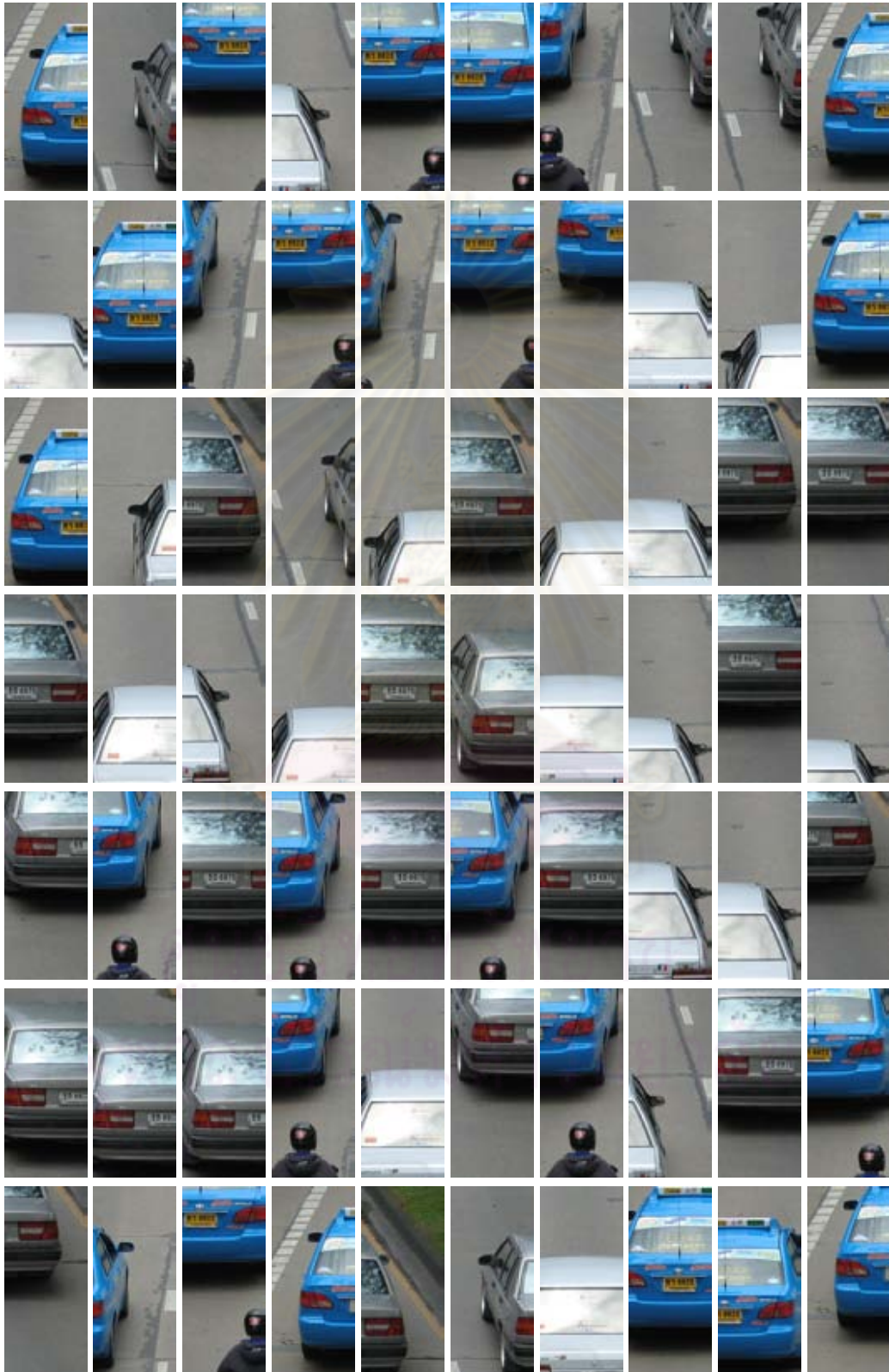
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสไลด์ที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทเทียม (ต่อ)



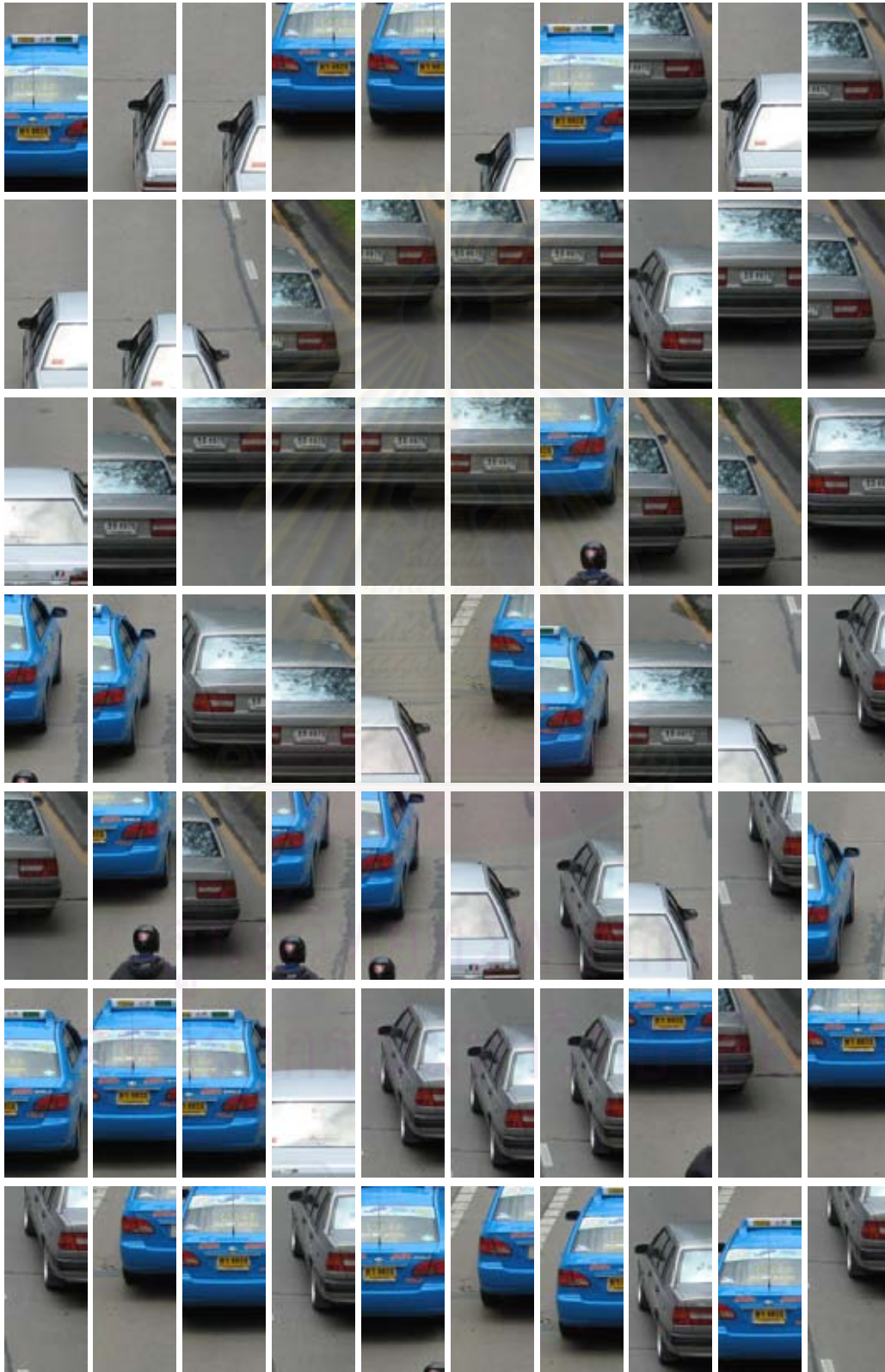
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสอนที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทเทียม (ต่อ)



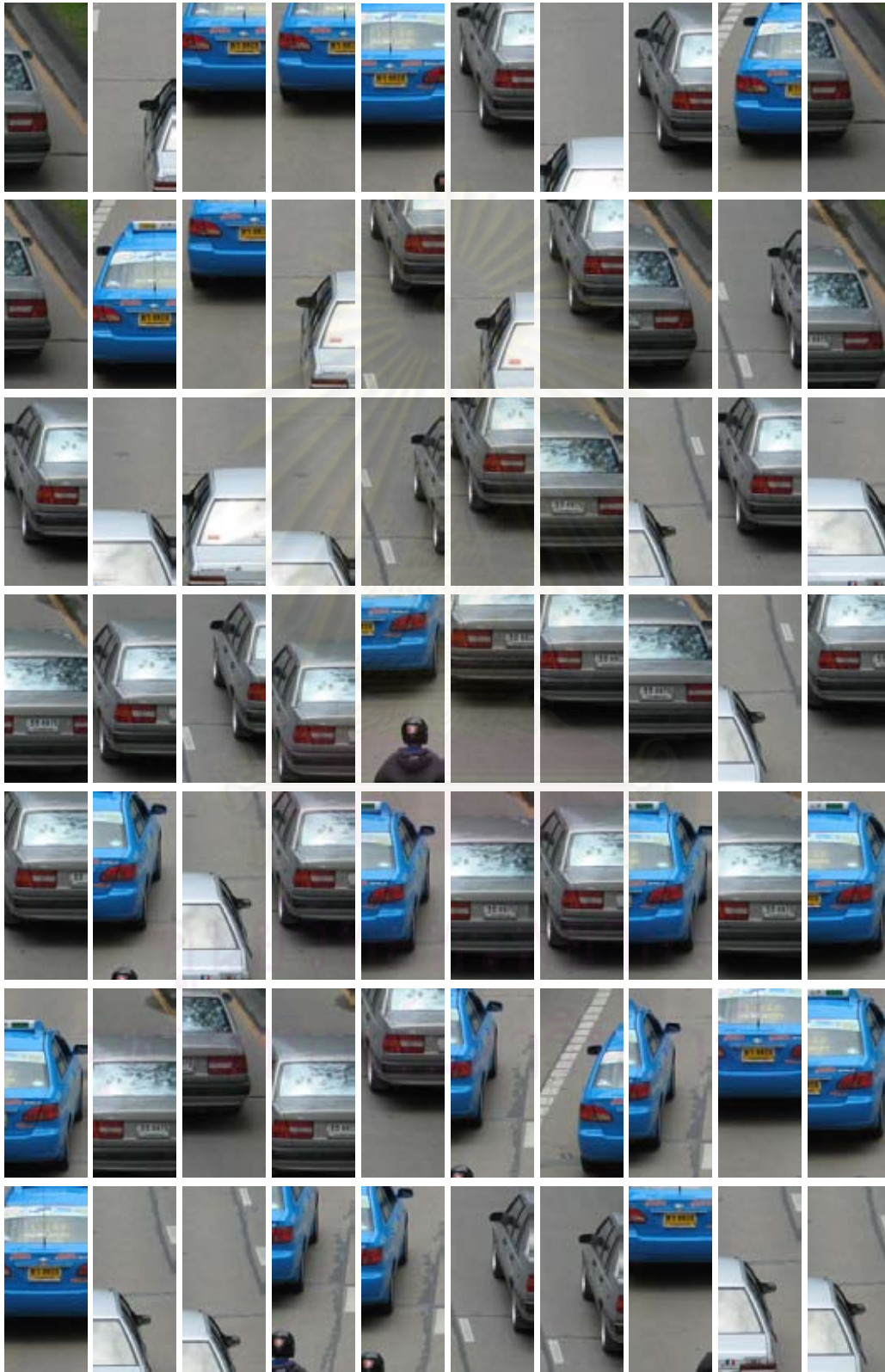
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสอนที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทเทียม (ต่อ)



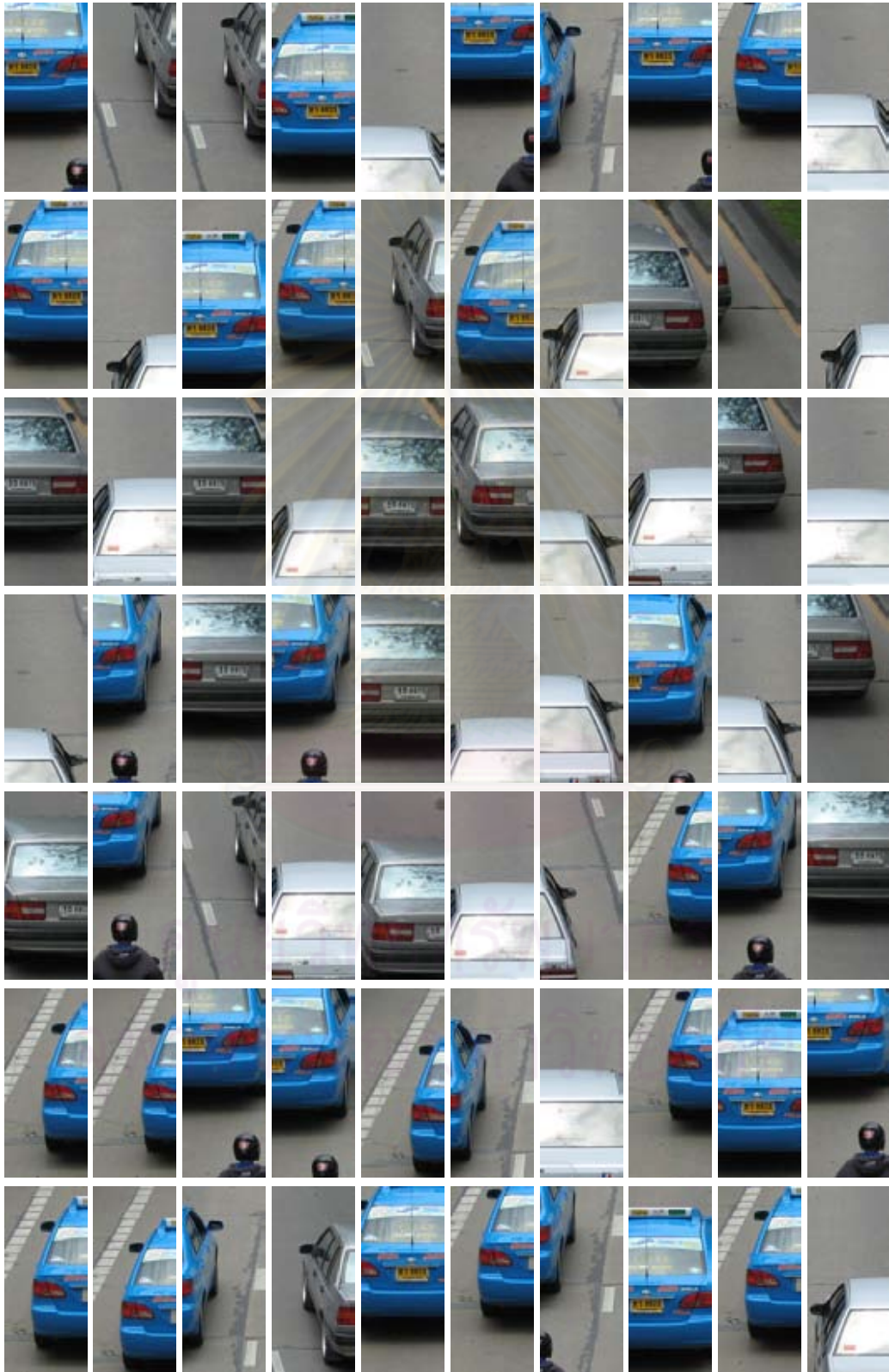
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสอนที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทเทียม (ต่อ)



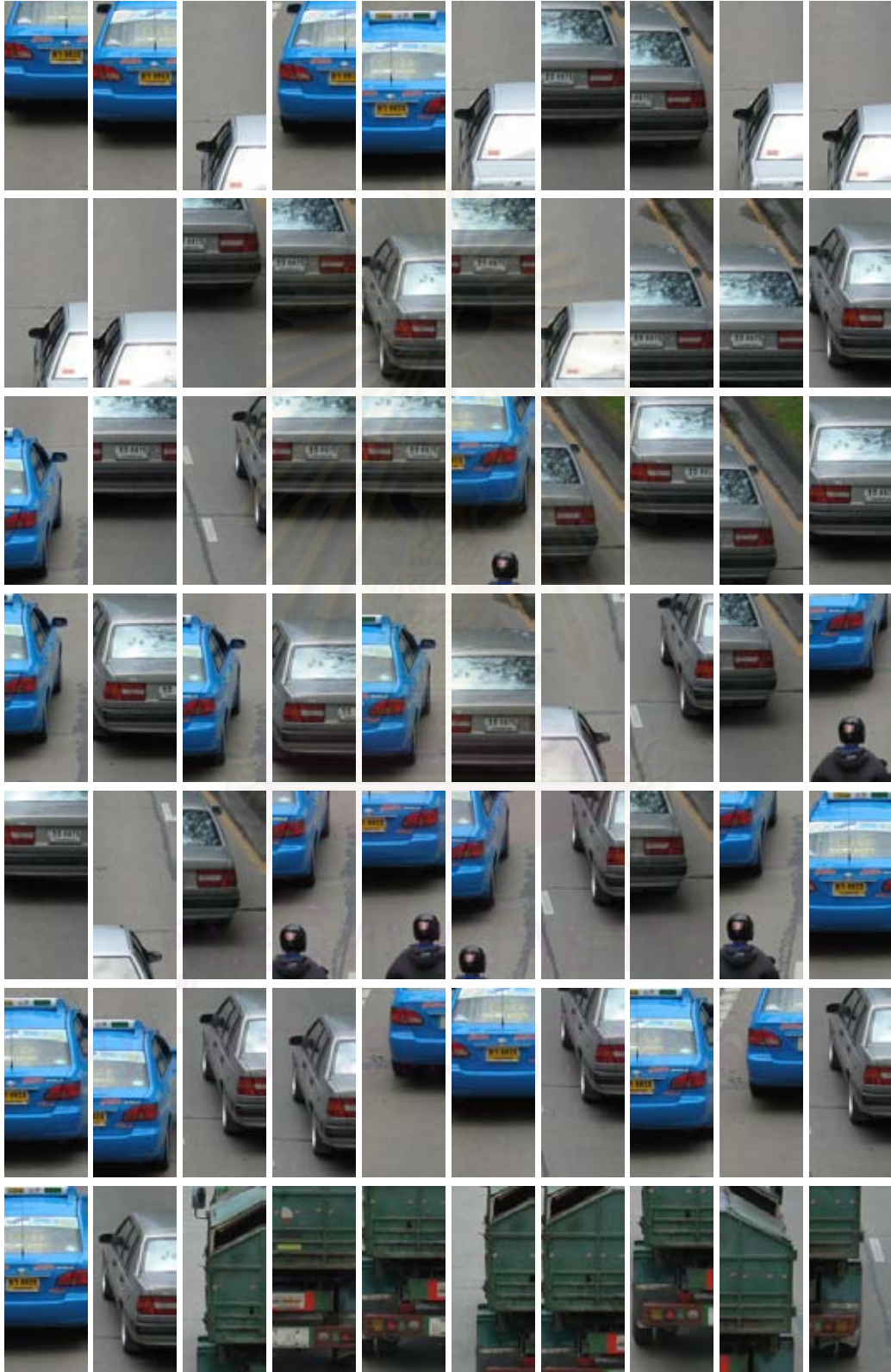
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสอนที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ข่ายงานประสาทเทียม (ต่อ)



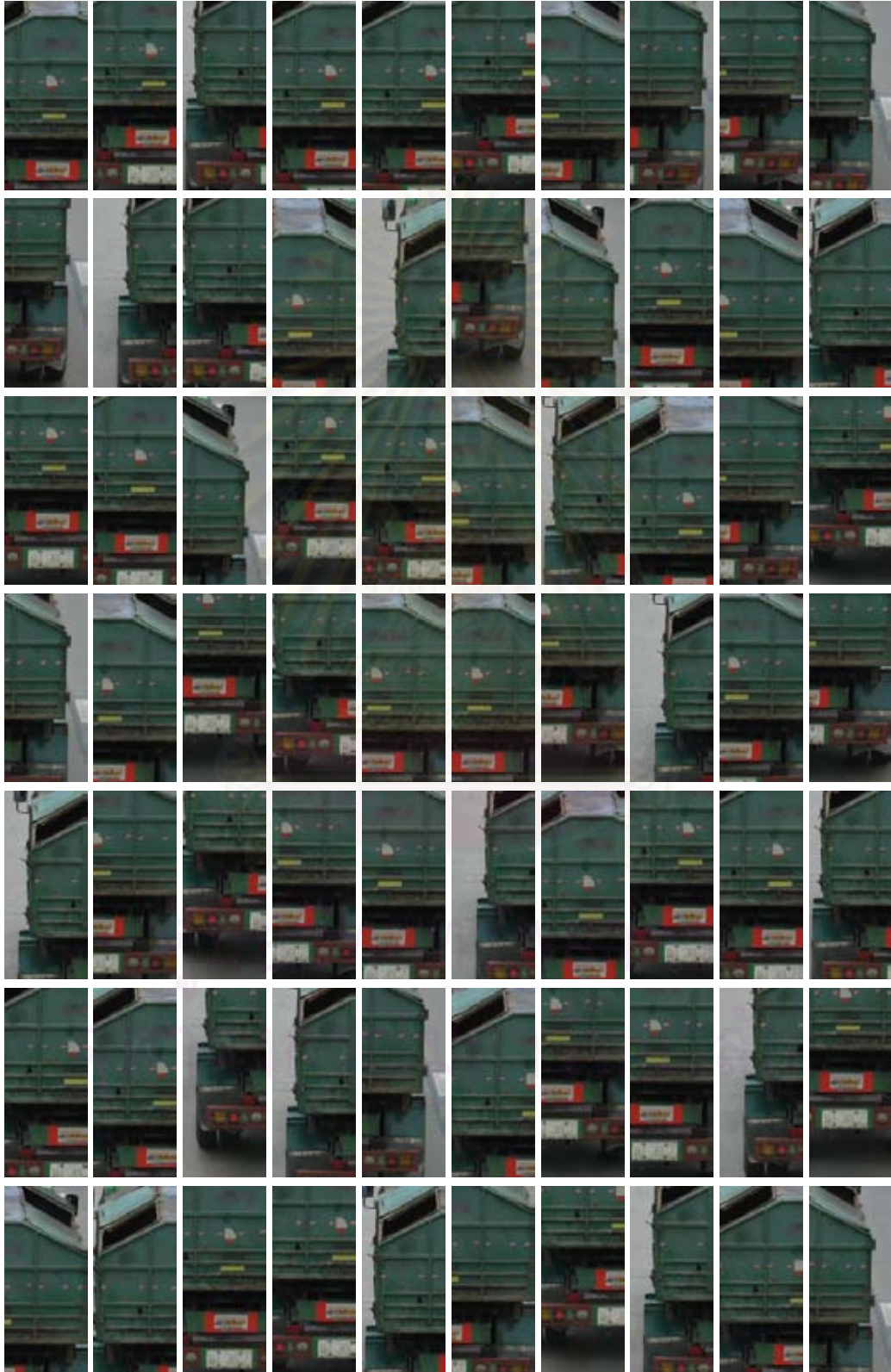
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสอนที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ข่ายงานประสาทเทียม (ต่อ)



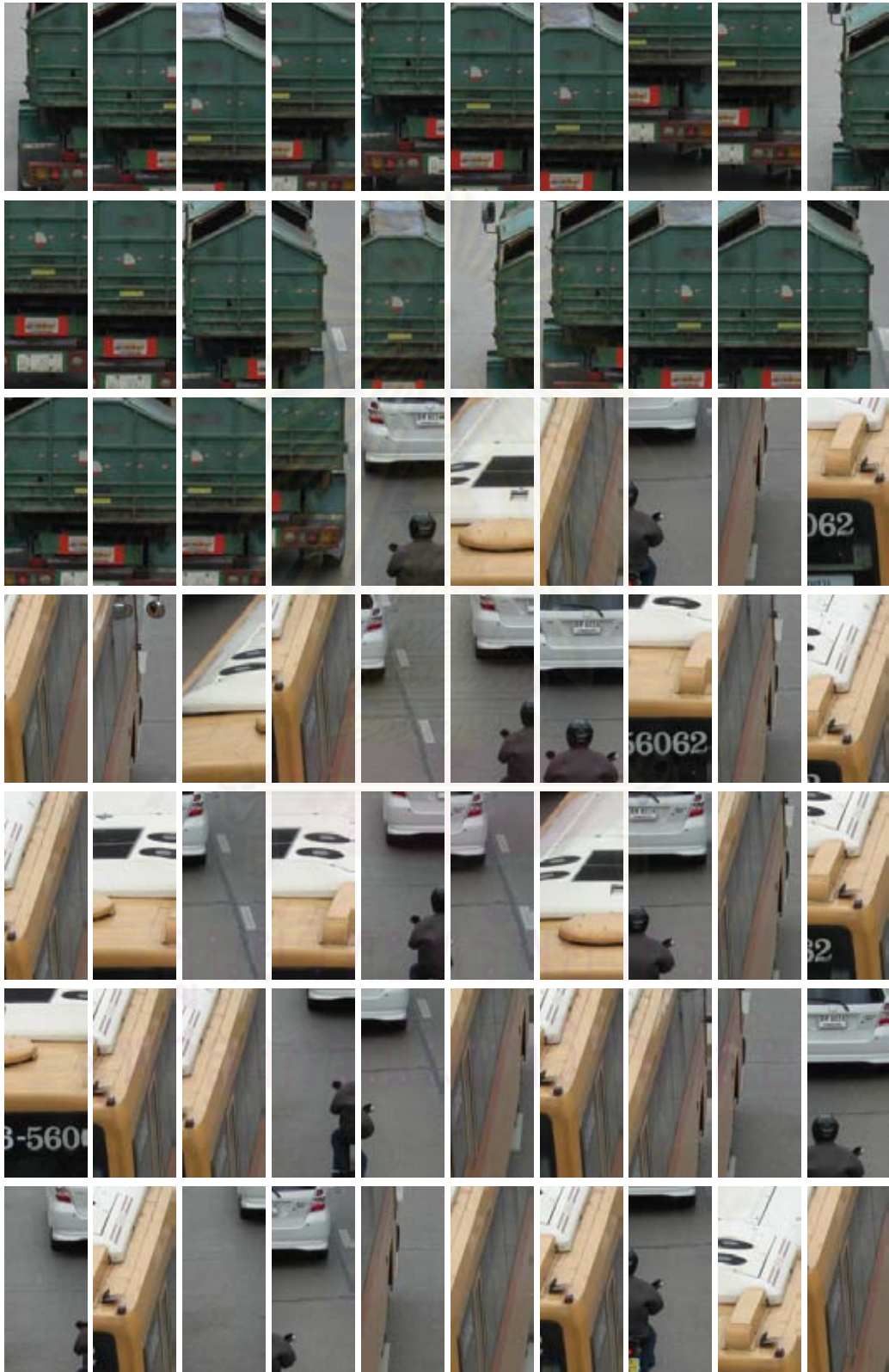
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสอนที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทเทียม (ต่อ)



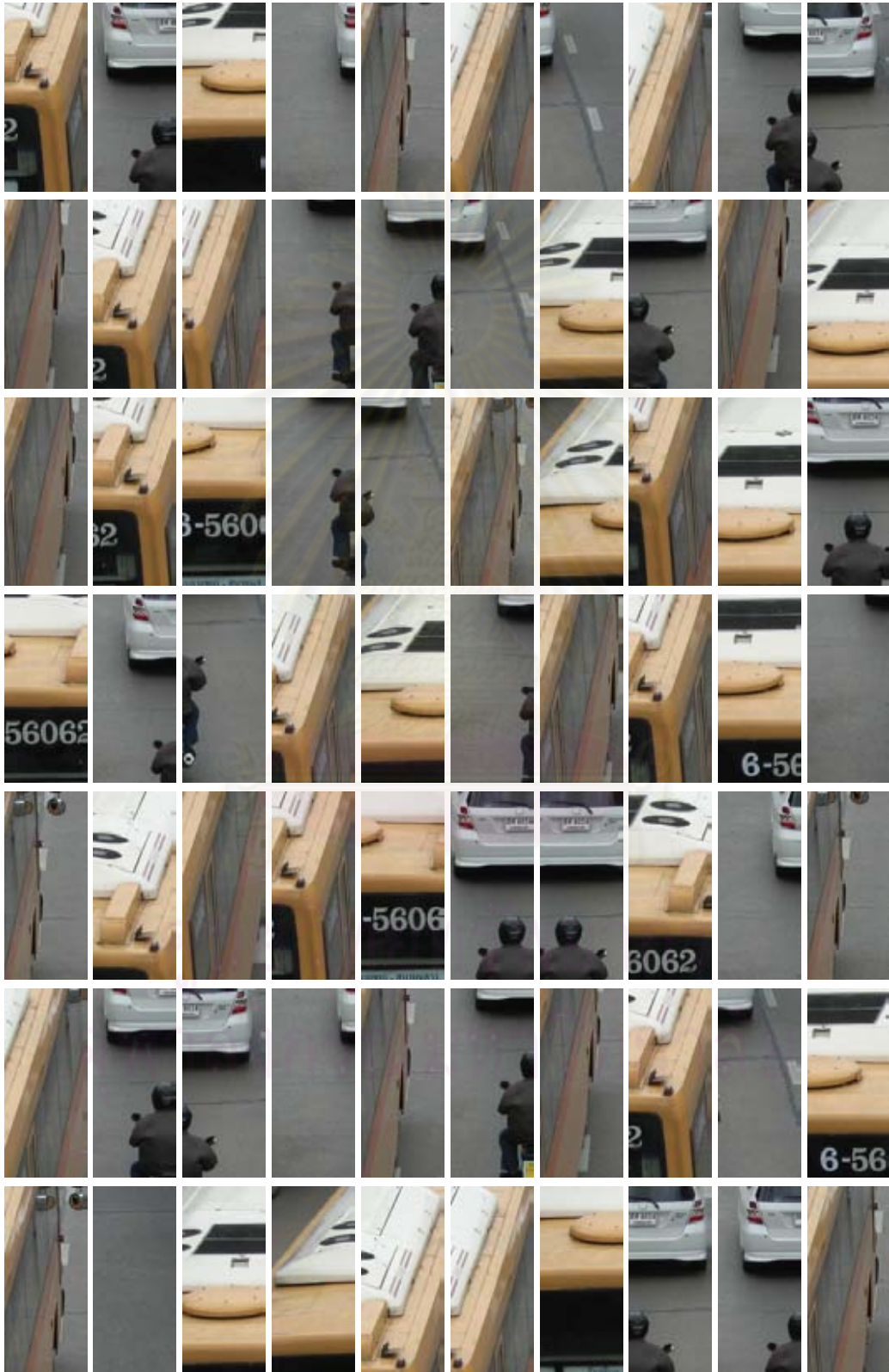
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสไลด์ที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทดัดเทียม (ต่อ)



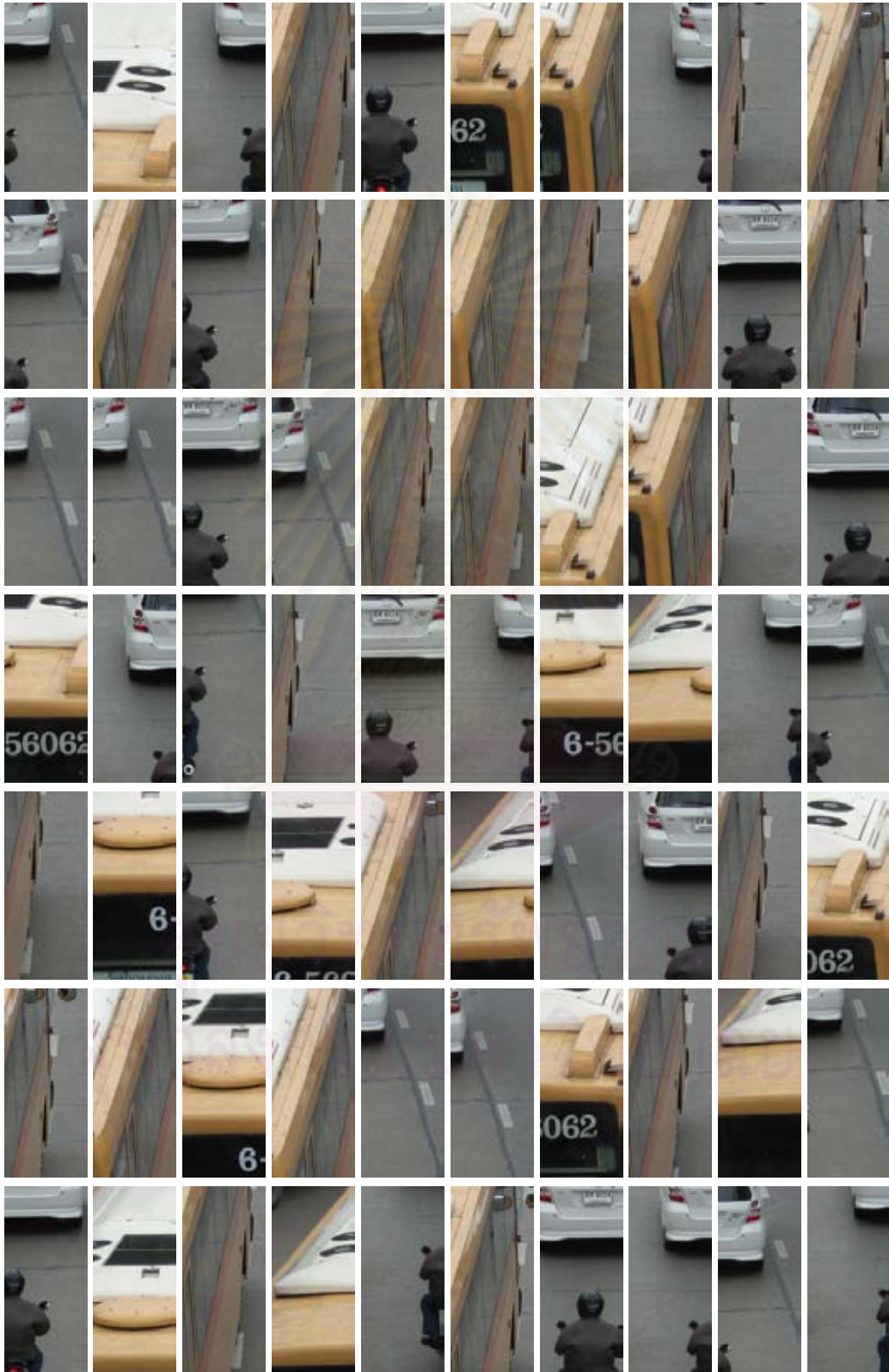
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสื่อนที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทดัดเทียม (ต่อ)



ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสไลด์ที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอนช่างงานประสาทดเทียม (ต่อ)



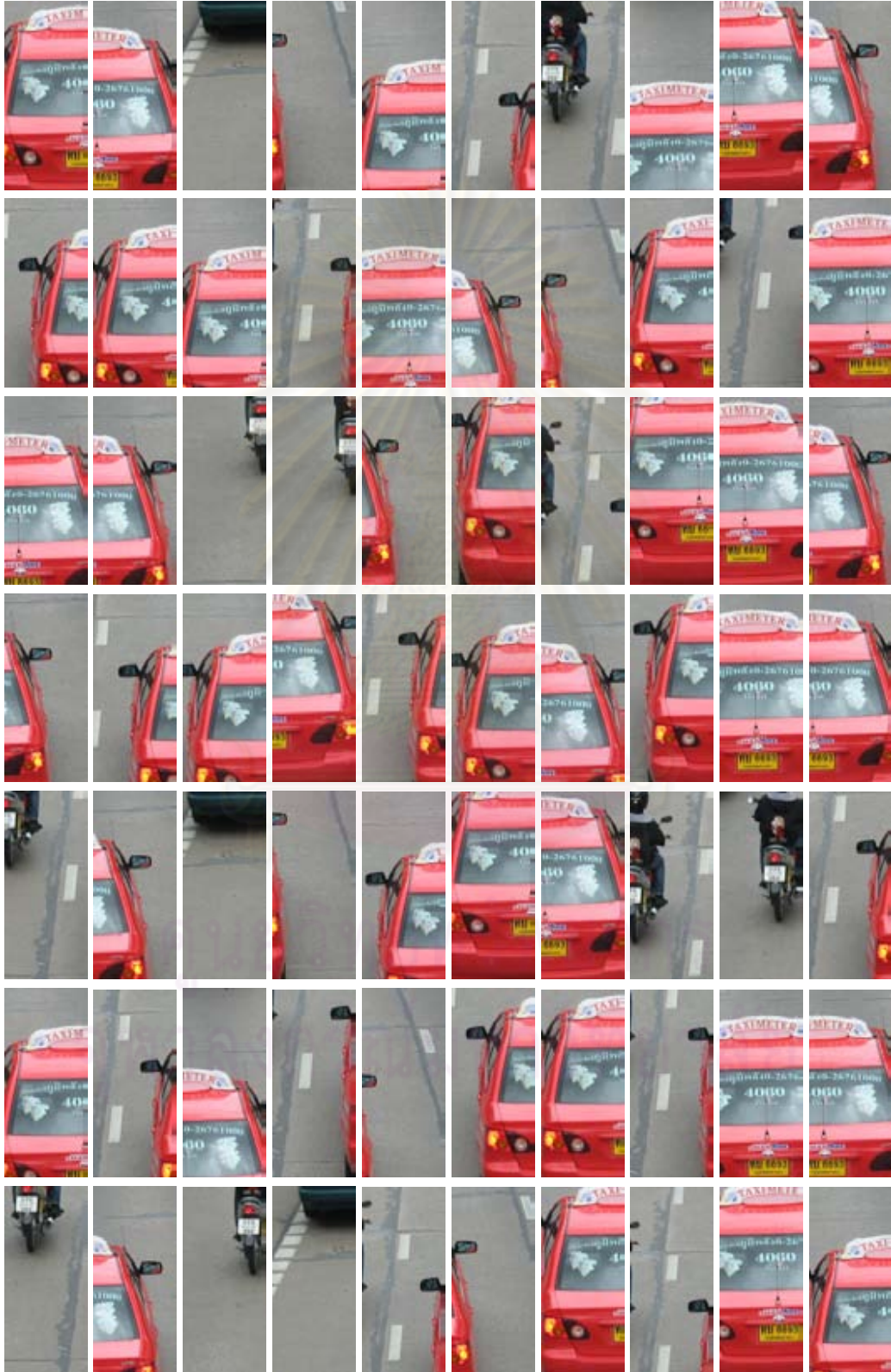
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสไลด์ที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอนช่างงานประสาทดเทียม (ต่อ)



ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสอนที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทเทียม (ต่อ)



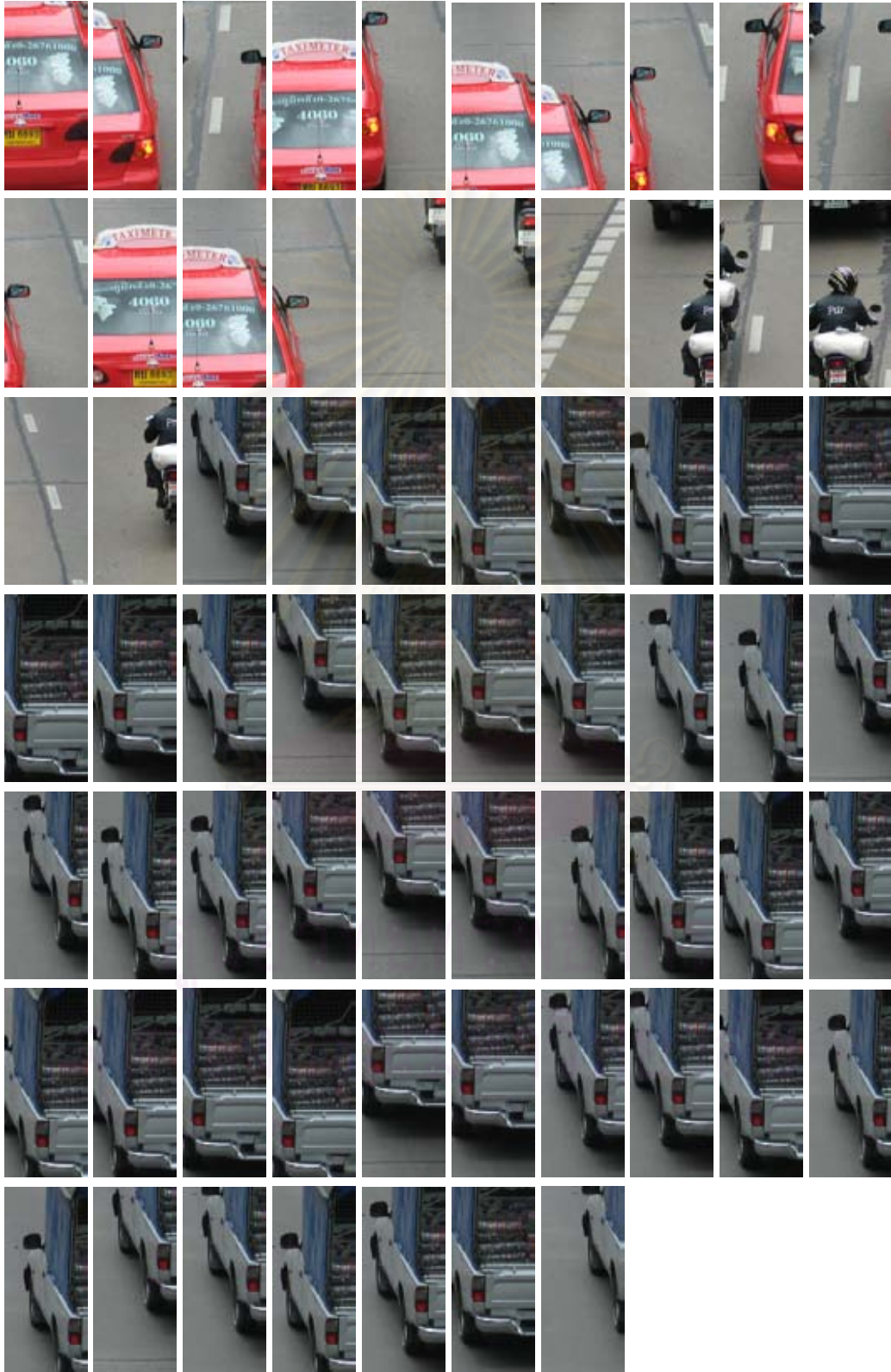
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสอนที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทเทียม (ต่อ)



ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสไลด์ที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทเทียม (ต่อ)



ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างสไลด์ที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่ในภาพ จำนวน 2237 ภาพ เพื่อใช้ในการสอน
ช่างงานประสาทเทียม (ต่อ)



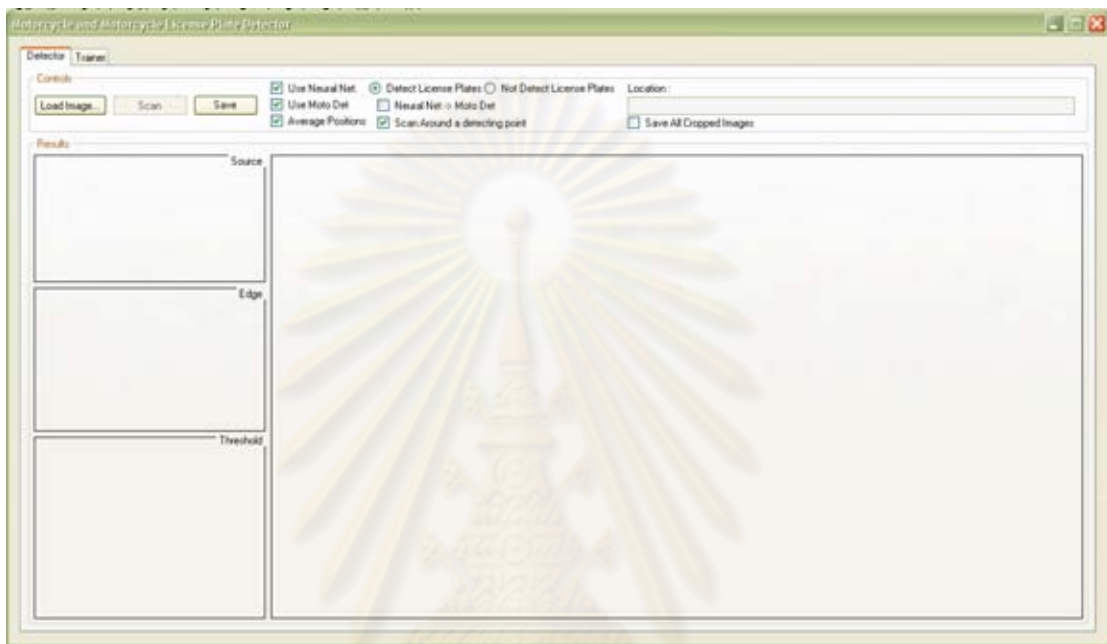


ภาคผนวก จ

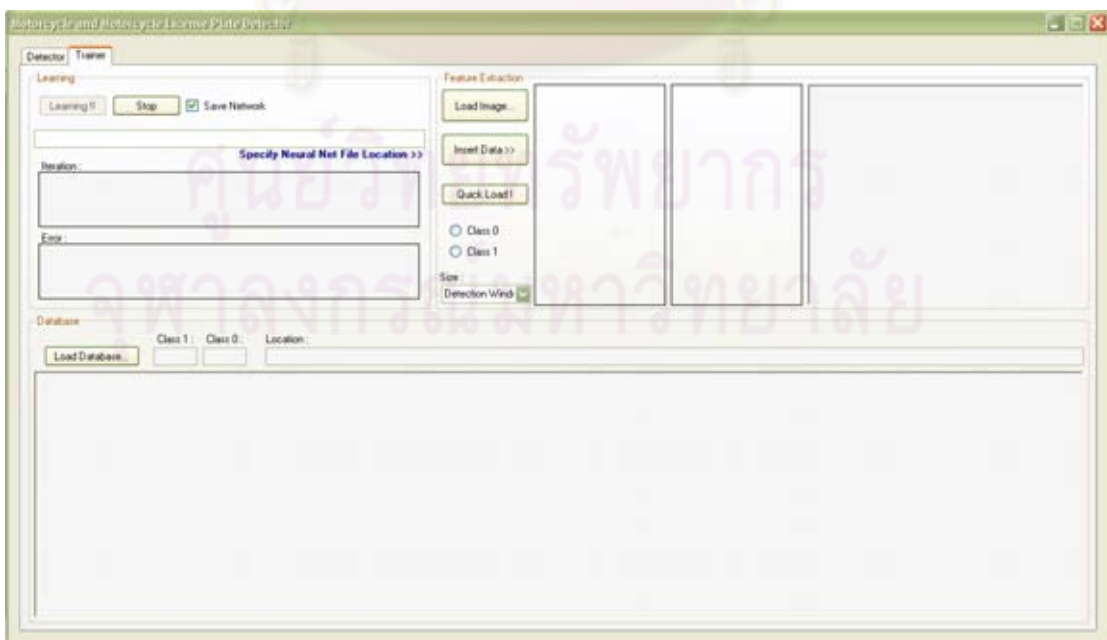
โปรแกรมการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์

ศูนย์วิทยพัทยาการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรแกรมตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ ได้ถูกออกแบบเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนตัวตรวจหา (Detector) และส่วนตัวสอน (Trainer) เลือกแต่ละส่วนด้วยใช้ แท็บคอนโทรล (Tab Control) ดังรูปที่ จ-1 และ จ-2 ตามลำดับ



รูปที่ จ-1 หน้าต่าง ส่วนต่อประสาน (Interface) ของส่วนตัวตรวจหา

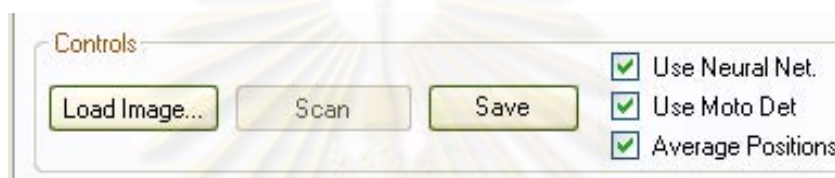


รูปที่ จ-2 หน้าต่าง ส่วนต่อประสาน ของส่วนตัวสอน

รายละเอียดของทั้งสองส่วนเป็นดังต่อไปนี้

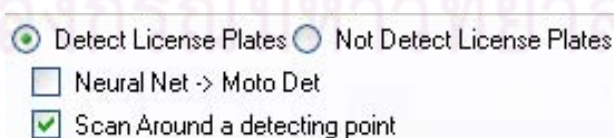
1. ส่วนตัวตรวจหา ใช้สำหรับการตรวจหารถจักรยานยนต์ และป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม (Group Box) คือ กลุ่มควบคุม (Controls) และกลุ่มผลลัพธ์ (Results)

1.1 กลุ่มควบคุม เป็นส่วนสำหรับกำหนดการทำงานต่างๆ ของการตรวจหา ดังแสดงในรูปที่ ๑-3, ๑-4 และ ๑-5



รูปที่ ๑-3 กลุ่มควบคุมในส่วนตัวตรวจหา ชุดที่ 1

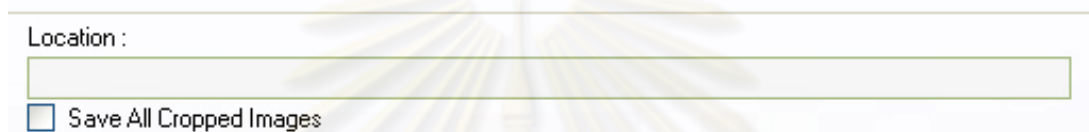
จากรูปที่ ๑-3 ปุ่ม “Load Image...” ทำหน้าที่ในการเลือกรูปภาพที่ต้องการในการตรวจหา ปุ่ม “Scan” ทำหน้าที่ในการสั่งงานให้โปรแกรมเริ่มตรวจหา จะทำงานก็ต่อเมื่อ ภาพถูกนำมาเตรียมพร้อมแล้ว เท่านั้น ด้วยปุ่ม “Load Image...” เมื่อตรวจหาได้ผลลัพธ์มาแล้ว และต้องการบันทึกภาพผลลัพธ์ จะใช้ ปุ่ม “Save” สำหรับ Check Box ด้านขวา “Use Neural Net”, “Use Moto Det” และ “Average Positions” เป็นการกำหนดการทำงาน เมื่อต้องการให้โปรแกรมใช้ข่างานประสาทเทียม หรือไม่ เมื่อต้องการให้โปรแกรมใช้การวิเคราะห์รูปร่างจักรยานยนต์ในการตรวจหารถจักรยานยนต์ และ เมื่อต้องการให้โปรแกรมใช้การหาค่าเฉลี่ยของพิกัด ถ้าตรวจหาแล้วพบรถจักรยานยนต์ หรือป้ายทะเบียน หลายๆ พิกัดที่ทับซ้อนกัน ตามลำดับ



รูปที่ ๑-4 กลุ่มควบคุมในส่วนตัวตรวจหา ชุดที่ 2

จากรูปที่ ๑-4 Radio button ที่ชื่อ “Detect License Plates” และ “Not Detect License Plates” ทำหน้าที่ในการกำหนดว่าจะให้โปรแกรมตรวจหาป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์หรือไม่ สำหรับ Check Box ชื่อ “Neural Net -> Moto Det” ถ้าส่วนนี้ถูกทำเครื่องหมาย เป็นการ

กำหนดว่าให้ใช้ ข่ายงานประสาทเทียม ก่อนการวิเคราะห์รูปร่างจักรยานยนต์ ในระหว่างตรวจหา รดจักรยานยนต์ ถ้าหากไม่ทำเครื่องหมาย การวิเคราะห์รูปร่างจักรยานยนต์ ถูกเรียกใช้ก่อน แล้ว ตามด้วย ข่ายงานประสาทเทียม Check Box ชื่อ “Scan Around a detecting point” จะใช้กรณีที่ การวิเคราะห์รูปร่างจักรยานยนต์ตรวจหาพบจักรยานยนต์ แต่ข่ายงานประสาทเทียมตรวจหาไม่ พบ ถ้าถูกทำเครื่องหมาย เป็นการกำหนดให้โปรแกรมตรวจหาจุดรอบๆ ตำแหน่งที่พบโดยการ วิเคราะห์รูปร่างจักรยานยนต์ เพื่อส่งไปตรวจหาอีกครั้งด้วย ข่ายงานประสาทเทียม เพื่อป้องกัน ความผิดพลาด



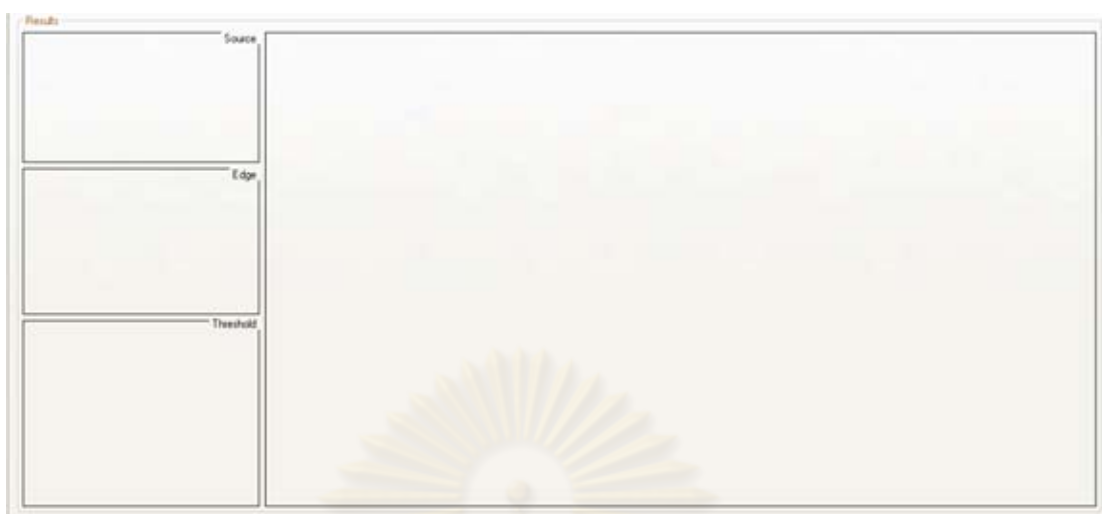
The image shows a screenshot of a software interface. At the top, there is a label 'Location:' followed by a rectangular text input box. Below the text box, there is a checkbox with the label 'Save All Cropped Images'. The interface is overlaid on a background featuring a large, faint watermark of the Thai national emblem (Chakrasukhothong) and the text 'ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย'.

รูปที่ ๑-5 กลุ่มควบคุมในส่วนตัวตรวจหา ชุดที่ 3

จากรูปที่ ๑-5 กล่องข้อความ (Text Box) “Location” ทำหน้าที่แสดงตำแหน่งที่ เก็บรูปภาพที่นำมาตรวจหา สำหรับ Check Box ชื่อ “Save All Cropped Images” ใช้สำหรับ บันทึกภาพย่อยที่ถูกตัดไปแต่ละครั้งที่หน้าต่างตรวจหาวิ่งไป ในส่วนนี้เป็นประโยชน์ เพื่อสะดวกใน การเตรียมฟีเจอร์ (Features) สำหรับการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียม

1.2 กลุ่มผลลัพธ์ เป็นส่วนสำหรับแสดงภาพแต่ละขั้นในการตรวจหา ประกอบด้วยภาพที่จะนำมาตรวจหา หรือภาพต้นฉบับ ภาพขอบ ภาพฐานสอง และภาพผลลัพธ์ สุดท้าย ดังแสดงในรูปที่ ๑-6

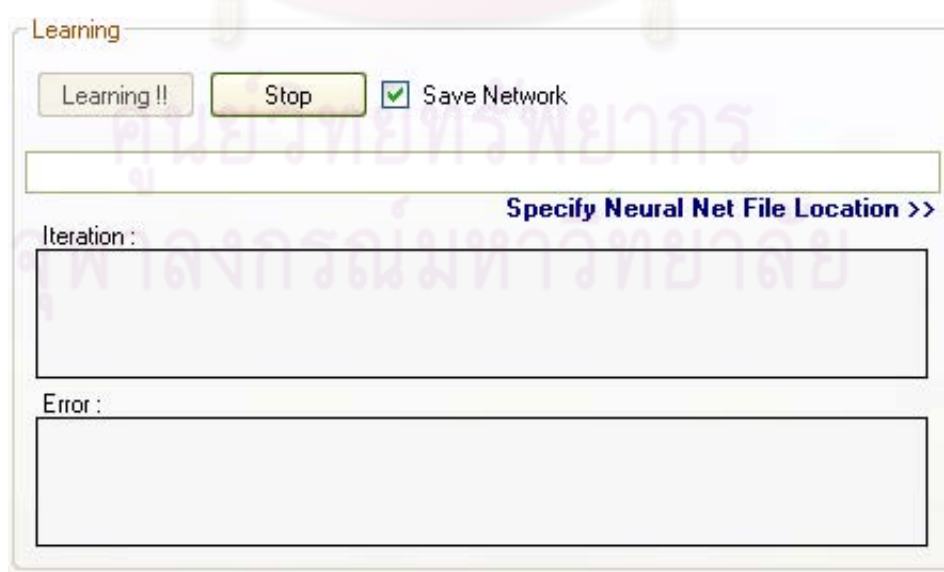
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๑-6 กลุ่มผลลัพธ์สำหรับแสดงภาพแต่ละชั้นในการตรวจหา และภาพผลลัพธ์สุดท้าย

2. ส่วนตัวสอน ใช้สำหรับการสอนข่ายงานประสาทเทียม โดยถูกแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มการเรียนรู้ (Learning) กลุ่มการแยกฟีเจอร์ (Feature Extraction) และกลุ่มฐานข้อมูล (Database)

2.1 กลุ่มการเรียนรู้ ในส่วนนี้ถูกใช้สำหรับการควบคุม และสั่งงานในการเรียนรู้ หลังจากพื้นฐานข้อมูลต่างๆ พร้อมแล้ว ดังแสดงในรูปที่ ๑-7



รูปที่ ๑-7 กลุ่มการเรียนรู้ ใช้สำหรับสอนข่ายงานประสาทเทียม

จากรูปที่ ๑-7 ปุ่ม “Learning!” และ “Stop” ใช้สำหรับเริ่ม และหยุด การเรียนรู้ ของข่ายงานประสาทเทียม อย่างไรก็ตามการเรียนรู้จะหยุดเอง โดยไม่ต้องกดปุ่ม “Stop” เมื่อค่า ความผิดพลาดของข่ายงานประสาทเทียม มีค่าเป็น 0 สำหรับ Check Box “Save Network” ใช้ สำหรับสั่งให้โปรแกรมบันทึกข่ายงานประสาทเทียมหลังจากการเรียนรู้สิ้นสุดลงหรือไม่ โดยบันทึก ลงในตำแหน่งที่กำหนดไว้ในกล่องข้อความ ซึ่งมีส่วนเชื่อมโยงหลายมิติ ชื่อ “Specify Neural Net File Location” สำหรับเลือกตำแหน่งที่ต้องการบันทึก สำหรับกล่องข้อความ “Iteration:” และ “Error:” ใช้สำหรับแสดงรอบการเรียนรู้ และแสดงค่าความผิดพลาด ของข่ายงานประสาทเทียม ตามลำดับ

สำหรับข่ายงานประสาทเทียมที่เรียนรู้เสร็จแล้ว จะถูกบันทึกเป็นแฟ้มข้อมูล ที่มี นามสกุล NN

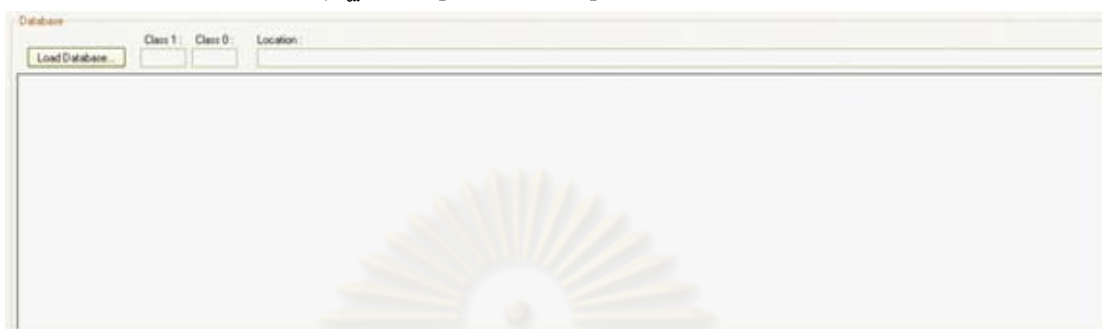
2.2 กลุ่มการแยกพีเจอร์ ใช้สำหรับแยกพีเจอร์จากภาพ เพื่อบันทึกลงใน แฟ้มข้อมูล แสดงในรูปที่ ๑-8



รูปที่ ๑-8 กลุ่มการแยกพีเจอร์

จากรูปที่ ๑-8 ปุ่ม “Load Image...” และ “Insert Data>>” ใช้สำหรับเลือกรูปที่ นำมาแยกพีเจอร์ และใช้สำหรับบันทึกข้อมูลของพีเจอร์ลงในแฟ้มข้อมูล ที่ถูกเรียกมาก่อนการแยก พีเจอร์แล้ว Radio button “Class 0” และ “Class 1” ใช้สำหรับเลือกว่าภาพที่กำลังแยกเป็น รถจักรยานยนต์หรือไม่ ถ้า 0 คือ ไม่เป็นรถจักรยานยนต์ และ 1 คือ การเป็นรถจักรยานยนต์ สำหรับ Combo Box “Size:” เป็นการกำหนดขนาดหน้าต่างตรวจหา สำหรับภาพของตัวอย่าง สอน แต่ละขั้นตอนในการแยกพีเจอร์ จะถูกแสดงใน Picture Box ส่วนข้อมูลของพีเจอร์ถูกแสดง ในกล่องข้อความ

2.3 กลุ่มฐานข้อมูล ใช้สำหรับเรียกเพิ่มข้อมูลที่บันทึกข้อมูลของพีเจอร์ไว้ โดยก่อนการแยกพีเจอร์และต้องการบันทึกข้อมูลทุกครั้ง ต้องเรียกเพิ่มข้อมูล โดยใช้ปุ่ม “Load Database...” ก่อนเสมอ กลุ่มฐานข้อมูลนี้ แสดงในรูปที่ ๑-9



รูปที่ ๑-9 กลุ่มฐานข้อมูล ใช้สำหรับเรียกเพิ่มข้อมูลของพีเจอร์

สำหรับเพิ่มข้อมูลที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของพีเจอร์ต่างๆ ของตัวอย่างสอน จะอยู่ในรูปของเพิ่มความ ที่มึนามสกุล FEATURES

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก จ
บทความที่ได้ตีพิมพ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Motorcycle and License Plate Detection using Fixed-Size Vertical Projection and Multi-Part Mean Analysis

Wiwat Phatanasrirat

Department of Computer Engineering
Chulalongkorn University
Pathumwan, Bangkok, 10330, Thailand
E-mail: Wiwat.Pha@student.chula.ac.th

Suebskul Phiphobmongkol

Department of Computer Engineering
Chulalongkorn University
Pathumwan, Bangkok, 10330, Thailand
E-mail: suebskul.p@chula.ac.th

Abstract—This paper proposed methods for motorcycle and license plate detection using fixed-size vertical projection and multi-part mean analysis. The method consisted of two parts: a motorcycle detection and a license plate detection. Fixed-size vertical projection and neural network were used in the motorcycle detection process. Vertical and horizontal scanning was used to extract features for the neural network. Later, a rough filter and a thorough filter were used to approximately locate and finally confirm a license plate, respectively. These methods were tested on both motorcycles with license plates and motorcycles without license plates. The experimental results gave accuracy of 93.20 % for motorcycle detection, 93.33 % for motorcycles with license plates, and 87.23 % for motorcycles without license plates.

Keywords- motorcycle, detection, license plate, neural networks.

I. INTRODUCTION

Motorcycles are widely used as a mean of transportation in many parts of the world. The major advantages are their low prices, low operation cost, and the ability to move quickly through bad traffic or narrow terrain. The latter reason makes it difficult for people or police to record the license plate of a motorcycle when there is an accident, a crime, or law violation. One solution is to use an automatic system to detect and recognize license plates of motorcycles including those without license plates. When a motorcycle doesn't have a license plate installed, a signal of automatic detection can trigger another camera to take the front-view image of that motorcycle and/or to notify a nearby police for further action.

In the past, many researches had been proposed for the recognition and detection of license plate. These researches [1-5] mostly emphasized on close-up images of car rear ends. These techniques may not be suitable for the detection of several motorcycle license plates at the same time from images taken far away.

Some researches related to motorcycles had been proposed. Chiu, Ku and Chen [6] proposed a method to detect motorcycles by using occlusion detection and tracking of motorcycles. A pixel ratio, a visual length, a visual width, and a helmet were considered. The license plate detection was not presented. Also, taking a helmet into account could lead to incorrect operation if an image contained objects with similar shape as a helmet or riders didn't wear a helmet. Tai

and Song [7] proposed an automatic system to detect and track moving vehicles and motorcycles for traffic flow measuring. License plate detection was not presented.

Lee, Chen and Wang [8] proposed a system to segment cars and motorcycles from a background. Moving blocks were used to locate and recognize license plates. This research focused on many vehicles on an image. If the license plates of motorcycles and other vehicles were of the same format and size and if only the license plates of motorcycles were needed, the system wouldn't be able to give such output. Moreover, if a run-away motorcycle didn't have a license plate installed, the system wouldn't be able to tell that. Such situation is even more important when there is a crime with run-away criminals.

Some learning systems were proposed to classify types of vehicles. Goyal and Verma [9] presented a neural network for classifying types of vehicles. Features were extracted by using angles of rotations to view a vehicle and included various characteristics of individual vehicles such as appearance, size, height, shape. Motorcycles were not included or tested. Also, the method may not be suitable for motorcycles if riders wear dresses of different textures or patterns. Images of real traffics were not used in this research. Kato, Ninomiya and Masaki [10] proposed a classification method of vehicles that included motorcycles. Training samples were normalized and extracted to produce features. These features were used to train a classifier that used "multiclustered modified quadratic discriminant function" (MC-MQDF). This method was computationally expensive and did not include license plate detection.

This paper proposed a method specifically for the detection of motorcycles and license plates. It used neural network with back-propagation. It was able to identify motorcycles without license plates installed.

II. THE PROPOSED METHOD

The process of the proposed method is shown in Figure 1. For each image, grayscale conversion is applied and fed to the motorcycle detection algorithm. Once a motorcycle(s) is identified, the information of the location in the original image will be passed to another process, the license plate detection algorithm.



Figure 1. High-level Flow Chart

III. MOTORCYCLE DETECTION

The motorcycle detection process is shown in Figure 2. The process started by taking the gray scale image and converted it into a binary image. Then the fixed-size vertical projection (described in the next section) would be applied to this binary image resulting in candidate portions of image that might contain motorcycles. The positions of the portions will be fed to the edge detection process. The edge detection process used this information to selectively scanned parts of the gray scale image. The result was a tentative portion(s) or window(s) with edges of binary level that may contain a motorcycle(s). This output would be forwarded to the feature extraction process which applied the horizontal and vertical scanning. The weights from the scanning would be sent to the neural network classifier for motorcycle confirmation.

This neural network classifier was trained using known samples of motorcycle images and non-motorcycle images. If an image contained a motorcycle, its scanning position would be sent to the license plate detection step. But if the image did not contain a motorcycle, the license plate detection will not be invoked. In addition, if one motorcycle was detected by two or more windows, the position would be the average of the two.

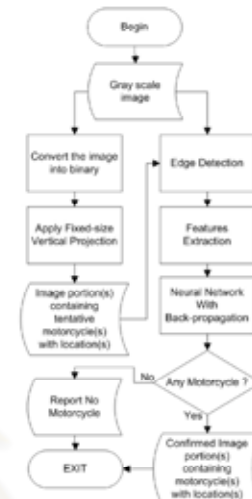


Figure 2. Motorcycle Detection Process

A. Fixed-Size Vertical Projection

Vertical projection is generally used to find positions or shapes of objects in a binary image or an edge images. The proposed method modified this concept by scanning a group of pixels in a shape of a square (10x10 pixels in this paper) in vertical direction. An image is vertically scanned by moving and passing every group of pixels and stopped scanning when there existed a black pixel. This method was named 'Fixed-Size Vertical Projection' in this paper.

The fixed-size vertical projection assumes that the bottom part of a motorcycle appearing in an image usually contains less gray-level mean value than the background. Therefore, if a motorcycle image is converted into a binary image with low value of threshold, the remaining black pixels will have specific shapes when projecting in the vertical direction. The specific shape of motorcycles is unique and can be distinguished from other objects. Therefore, when this specific shape of projection is found, a portion of image with the fixed size of 140x320 will be marked and its position will be forwarded to the neural network classifier. The 10 x 10 pixels fixed-size square scanning is shown in Figure 3 (a).

The width by height of the detection window is $W \times H$. The value of the white pixel is 255 and the value of black pixel is 0. A fixed-size square is $k \times k$. The fixed-size projection can be written as follows:

$$S_i = \sum_{j=1}^{H/k} F_{ij}(i, H - j * k) \quad (1)$$

where S_i is a column of scanned pixels with the width of k . Scanning of S_i is stopped when there existed a black pixel. $F_{fs}(x, y)$ is a function that depends on the black pixel whether it is found in the fixed-size square and

$$F_{fs}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } m(x, y) = 255 \\ 0 & \text{if } m(x, y) < 255 \end{cases} \quad (2)$$

where $m(x, y)$ is the mean value of the gray scale in the fixed-size square at coordinates (x, y) and width $x+k$ and height $y+k$, $i = 0, k, 2k, 3k, \dots, W/k - k$. Results from projecting are $S_0, S_k, S_{2k}, S_{3k}, \dots, S_{W/k - k}$. An image will be a candidate if values of S_i slowly change from high to low at the left side and low to high at the right side as shown in Figure 3 (b).

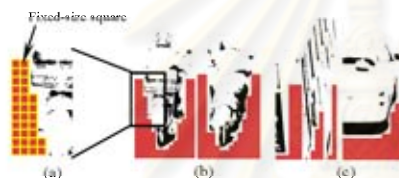


Figure 3. (a) show fixed-size squares that are drawn by a yellow frames
(b) motorcycles are scanned by the fixed-size vertical projection
(c) non-motorcycles are scanned by the fixed-size vertical projection

The fixed-size vertical projection was used here because it could reduce computing effort when compared with pixel by pixel projection. Moreover, the resulting stair-like shape from the projection can be distinguished easily when an object was a motorcycle. If the projection was done pixel by pixel, the resulting shape would be hard to identify and could result in more errors.

B. Learning of Classifier

The neural network classifier was trained by using the motorcycle and non-motorcycle training sample images. Images were 140 x 320 pixels in size. The training samples were extracted from known images to give features for the neural network (the feature extraction method is described in the next section). The multi-layer feed-forward network was used in this work and the back-propagation algorithm was used for learning. The learning was stopped when an error dropped to the desired value.

C. Feature Extraction

An image was processed by the edge detection of this work, the output was in a form of binary format. The binary image, this time, was scanned by each single pixel in the vertical and horizontal direction. In the vertical direction, white pixels were counted every column. Since the width of

binary image was 140 pixels, the number of features was then of 140 values. In the horizontal direction, white pixels were counted every row. Since the height of the binary image was 320 pixels, the number of features was then of 320 values. These features were the input to the neural network classifier for the learning of the training samples. The classifier identified whether a motorcycle existed or not. This method was named 'the vertical and horizontal scanning'.

For each converted binary image, the feature X_i and Y_j can be written as follows:

$$X_i = \sum_{j=0}^{H-1} F_{sb}(i, j) \quad (3)$$

$$Y_j = \sum_{i=0}^{W-1} F_{ab}(i, j) \quad (4)$$

where X_i is the number of pixels that is vertically scanned every column on x axis and Y_j is the number of pixels that is horizontally scanned every row on y , a particular image size is W in width and H in height, $i = 0, 1, 2, \dots, W-1$, $j = 0, 1, 2, \dots, H-1$. $F_{ab}(x, y)$ is a function that indicates a white or black pixel.

$$F_{ab}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) = 255 \\ 0 & \text{if } f(x, y) = 0 \end{cases} \quad (5)$$

where $f(x, y)$ is a gray level of a pixel at coordinate (x, y) that can be 0-255 [11]. However, a binary image as used here had the value $f(x, y)$ of 0 or 255.

IV. LICENSE PLATE DETECTION

The proposed work used license plates of motorcycles in Thailand as samples for experiments. Some license plates are shown in Figure 4.



Figure 4. Some license plates is used in our work

After a motorcycle was detected and confirmed as described in Section 3, its position would then be used in this step. The gray scale image was cropped at the location containing a motorcycle using the position information above. Since the license plate usually located at the lower part of a motorcycle, the cropped part would be 140x160 which was the lower part of 140x320 portion. This cropped part would then be scanned using a 50x40 pixels window to search for possible license plate. The scanning window was skipped every five pixels in the vertical and horizontal direction. For each scanning window, the multi-part mean analysis (described in the next section) would be applied to decide whether the cropped portion was a license plate. In

addition, if a license plate was detected by two or more windows, the position of the window would be the average of the two.

A. Multi-Part Mean Analysis

The multi-part mean analysis was used only when a motorcycle was confirmed. Two types of filter were created and named 'rough filter' and 'thorough filter'. The mean value of gray level was used throughout the analysis. Let m denotes mean, r denotes grayscale level [0, L - 1] and $p(r_i)$ denotes the probability of occurrence of gray level r_i , the mean of gray level can be defined as [11]

$$m = \sum_{i=0}^{L-1} r_i p(r_i) \quad (6)$$

B. Rough Filter

A rough filter was used to approximate the location of a license plate within a cropped image. It was based on a heuristic that the mean of gray level of a license plate area was always higher than the surrounding pixels around the license plate. A 50 x 40 pixels scanning window was split into five parts as shown in Figure 5. The part no. 2, 3, 4 and 5 are five pixels in width, the remaining part is the part no. 1.

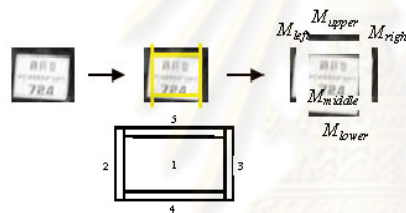


Figure 5. Rough Filter

An image will possibly be a license plate if $M_{midle} \geq 70$ in gray level and $M_{midle} \geq M + 10$ where M represents M_{upper} , M_{lower} , M_{right} and M_{left} .

C. Thorough Filter

After a rough filter roughly identify a license plate, a thorough filter would be used to strongly confirm the license plate. In Figure 5, the part no.1 is split into three parts and labeled 6, 7, and 8 as shown in Figure 6 where part no.7 is twice the width of part no.6 and 8. Only the part no. 7 is selected for use in this process.

A matrix of 1x3 pixels in size is used to scan all area of part no.7. For each scanning position, the matrix is calculated to find its mean of gray level and these means are used to analyze and confirm license plate. This is shown in the graph of Figure 6 where the variance of the character row in a license plate is higher than other area.

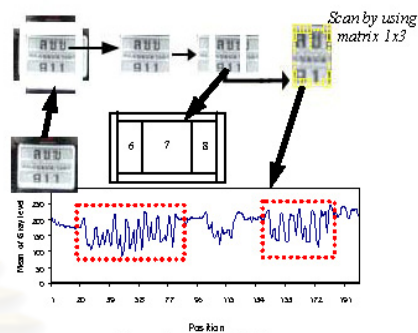


Figure 6. Thorough Filter

V. EXPERIMENT AND EXPERIMENTAL RESULTS

The experiment used 547 color images for the test, each with 1600x1200 resolution. Motorcycles used white or yellow background license plate. Images were taken from real-life traffics and illumination. A camera was positioned on pedestrian overpasses about 5 meters above road surface and aimed about 30° angle of depression. Motorcycles on images were between 200 and 380 pixels in height. The experiment was run on a computer with AMD Turion™ 64x2, 1.9 GHz and DDR2 RAM 2 GB.

These tested images contain 662 motorcycles and other types of vehicles. There were 52 motorcycles without license plates and 610 motorcycles with license plates.

In the experiment, 617 from 662 motorcycles were successfully detected with 41 false positives. For the 617 detected motorcycles, 570 motorcycles had license plate and 47 motorcycles didn't have license plates. The program could detect 532 correct motorcycles with license plates and 41 correct motorcycles without license plates. Causes of errors include poor illumination, sun light reflection of motorcycle body, shadow. Figure 7 showed some experimental results.

VI. CONCLUSION

This paper proposed the methods for detecting motorcycles and license plates that was suitable for but not limited to Thai license plates. The proposed method identifies motorcycles without license plates. The fixed-size vertical projection was presented to find candidates and the neural network classifier was used to decide whether candidates were motorcycles. Later, multi-part mean analysis was used to detect license plates. The experiment was done in real-life traffics and illumination. Accuracy was 93.20 % the motorcycle detection. The accuracy for motorcycles with license plates was 93.33 % and the accuracy for motorcycles without license plates was 87.2%



Figure 7. Some experimental results (a, b) Achievements of motorcycle and license plate detections (included motorcycles without license plates)

REFERENCES

- [1] K. K. Kim, K. I. Kim, J. B. Kim, and H. J. Kim, "Learning-Based Approach for License Plate Recognition," *Neural Networks for Signal Processing X, 2000. Proceedings of the 2000 IEEE Signal Processing Society Workshop*, vol. 2 pp. 614-623, 2000.
- [2] R. Parisi, E. D. D. Claudio, G. Lucarelli, and G. Orlandi, "Car Plate Recognition by Neural Networks and Image Processing," *Proceeding of the 1998 IEEE International Symposium on Circuits and Systems ISCAS '98*, vol. 3, pp. 195-198, 1998.
- [3] P. Rattanathamawatt and T. H. Chalidabhongse, "A Car Plate Detector using Edge Information," *Proceeding of International Symposium on Communications and Information Technologies ISCIT'06*, pp. 1039-1043, 2006.
- [4] T. Sirithinaphong and K. Chamnongthai, "The Recognition of Car License Plate for Automatic Parking System," *Proceeding of Fifth International Symposium on Signal Processing and Its Applications ISSPA '99*, vol. 1, pp. 22-25, 1999.
- [5] Q. Wu, H. Zhang, W. Jia, X. He, J. Yang, and T. Hintz, "Car Plate Detection Using Cascaded Tree-Style Learner Based on Hybrid Object Features," *Proceeding of the IEEE International Conference on Video and Signal Based Surveillance (AVSS'06)*, pp. 15-15, 2006.
- [6] C. C. Chiu, M. Y. Ku, and H. T. Chen, "Motorcycle Detection and Tracking System with Occlusion Segmentation," *Eight International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Service (WIAMIS'07)*, pp. 32-32, 2007.
- [7] J. C. Tai and K. T. Song, "Automatic Contour Initialization for Image Tracking of Multi-Lane Vehicles and Motorcycles," *Intelligent Transportation System Proceedings*, vol. 1, pp. 808-813, 2003.
- [8] H. J. Lee, S. Y. Chen, and S. Z. Wang, "Extraction and Recognition of License Plates of Motorcycles and Vehicles on Highways," *Proceeding of 17th International Conference on Pattern Recognition*, vol. 4, pp. 356 - 359, 2004.
- [9] A. Goyal and B. Verma, "A Neural Network Based Approach for the Vehicle Classification," *Proceedings of the 2007 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Image and Signal Processing CIISP' 2007*, pp. 226-231, 2007.
- [10] T. Kato, Y. Ninomiya, and I. Masaki, "Preceding Vehicle Recognition Based on Learning From Sample Images," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 3, pp. 252-260, 2002.
- [11] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 2nd ed. United States of America: Prentice Hall, 2002.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวิวัฒน์ พัฒนาศรีรัตน์ เกิดเมื่อวันที่ 2 สิงหาคม 2523 ที่จังหวัดยะลา สำเร็จการศึกษา
ระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา 2546 ต่อจากนั้นทำงานในบริษัทเอกชน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547
ถึง 2550 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรม
คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2550



ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย