



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์การตรวจจ็บรอยความเสียหายของรางที่สาม

Design and Installation of the Equipment for Defect Detection in Third Rail

ณัฐวัฒน์ ปริมล

ภาณุพงศ์ สุขเจริญยิ่งยง

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิศวกรรมขนส่งทางราง

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์การตรวจจับรอยความเสียหายของรางที่สาม

ชื่อ – สกุล นาย ญัฐวัฒน์ ปริมล
นาย ภาณุพงศ์ สุขเจริญยิ่งยง

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ชื่อ – สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.จิตราภรณ์ วงสาขาม

ชื่อ - สกุล ผู้นิเทศงาน นาย สรศักดิ์ สิทธิธาวรทรัพย์

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท ซีเมนส์ โมบิลิตี้ จำกัด

บทคัดย่อ

รางที่สามถือเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในระบบการขนส่งมวลชนแบบระบบรางเป็นอย่างมาก เนื่องจากรางที่สามมีหน้าที่ในการส่งกระแสไฟฟ้าให้กับตัวรถไฟฟ้า ซึ่งความเสียหายของรางที่สามนั้นจะส่งผลให้ตัวรับกระแสไฟฟ้าของรถไฟฟ้า (collector shoe) มีอายุการใช้งานที่สั้นลง โดยในปัจจุบันการตรวจสอบรอยความเสียหายของรางที่สามของรถไฟฟ้า สามารถกระทำได้โดยการตรวจสอบทั่วไปด้วยสายตา (visual inspect) ซึ่งปริญญาณิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์การตรวจจับรอยความเสียหายของรางที่สามเพื่อช่วยทุ่นแรงของผู้ใช้งาน โดยได้ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการติดตั้งกล้องและอุปกรณ์ปฏิบัติงานที่สามารถเห็นได้บนรางของรถไฟฟ้าเพื่อนำข้อมูลวิดีโอที่ได้จากการใช้กล้อง action camera ยี่ห้อ Proof รุ่น PF 450 Lite ที่สามารถบันทึกวิดีโอได้ที่ความละเอียด 720p 60fps มาใช้ในการวิเคราะห์หารอยความเสียหายของรางที่สามด้วยเทคนิค Haar Cascade ที่ใช้หลักการการแยกจุดสีและจุดขาวดำในภาพเป็นหลักการทำงานและประมวลผลผ่านบอร์ด Raspberry pi 4 โดยใช้ภาษา Python ซึ่งทางผู้จัดทำได้ทำการศึกษาตัวแปรที่สำคัญที่มีผลต่อคุณภาพในการตรวจจับรอยความเสียหายของรางที่สามทั้งหมด 3 ตัวแปรได้แก่ 1.ระยะที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้อง 2.ความสว่างในการส่องไปยังรางที่สาม และ 3.ความเร็วที่ใช้ในการปฏิบัติงาน โดยได้มีการหาระยะที่เหมาะสมในการติดตั้งเป็นลำดับแรก เพื่อนำไปสู่การหาความสว่างที่เหมาะสม จากนั้นนำค่าตัวแปรที่เหมาะสมทั้ง 2 ตัวแปรไปทดสอบและหาค่าความเร็วที่เหมาะสมสำหรับการปฏิบัติงาน ทั้งยังได้มีการออกแบบซอฟต์แวร์ที่สามารถนำข้อมูลวิดีโอที่บันทึกขณะปฏิบัติงานมาเก็บบันทึกภาพรอยความเสียหายของรางที่สามที่ตรวจพบเพื่อเก็บเป็นข้อมูลและวางแผนการซ่อมบำรุงในลำดับถัดไปได้ เมื่อออกแบบ จัดทำ ติดตั้งและทดสอบไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คำปรึกษาและช่วยเหลือแก่เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์การตรวจจับรอยความเสียหายของรางที่สามแล้ว ผลการทดสอบนั้นพบว่าระยะที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งกล้องคือ ระยะห่างจากรางที่สามประมาณ 11 เซนติเมตร และให้ความสว่างของไฟในช่วง 240-420 LUX ที่มุมของแสงสว่าง 45 องศาที่กระทำกับรางที่สาม และใช้ความเร็วในช่วง 0.5-1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดในการปฏิบัติงาน เมื่ออุปกรณ์มีการตรวจจับรอยความเสียหายที่เกิดขึ้นกับรางที่สามจะส่งสัญญาณไฟแจ้งเตือนผ่านหลอดไฟ LED ที่ติดตั้งไว้ และเมื่อทดสอบซอฟต์แวร์ที่ใช้เก็บบันทึกภาพความเสียหายของรางที่สามจากข้อมูลวีดิโอนั้นพบว่าสามารถปฏิบัติงานได้จริง

คำสำคัญ : เครื่องตรวจจับรอยความเสียหาย, รางที่สาม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาแล๓๓ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Co-operation Title: Design and Installation the Equipment for Defect Detection in Third Rail

Student name: Mr. Nattawat Parimol

Mr. Panupong Sukjaroenyinyong

Faculty: Engineering **Department:** Mechanical Engineering

Advisor name: Asst. Prof. Dr. Jittraporn Wongsan-Ngam

Mentor name: Mr.Sorrasuk Sittithawornsup

Company: Siemens Mobility Limited

Abstract

The third rail is the important equipment in the mass transit rail system very seriously because the third rail is responsible for delivering electricity to the trains. The defect of the third rail makes the collector shoe was shorter lifespan. Nowadays, the trial of defect third rail of the railway can be check by visual inspected. So, the thesis of this study was about the design and installation of the equipment for defect detection in the third rail for labor-saving. The tool used to install the camera and working with us on the railway track for video data by action camera brand Proof model PF 450 Lite that can be record the video at 720p 60fps and used in the analysis of the third rail defected by Haar Cascade. The Haar Cascade separates black and white dots in the image for working and processing on Raspberry pi 4 by the Python language. This report is having 3 variables that affect the detection of defects on the third rail consist are as follows 1. The proper term to install the camera. 2. The light to shine onto the third rail. 3. The speed of the operation. We find the right term to install first to determine the optimum brightness. Then, the variable for 2 variables to test and find the right speed for operation. We have designed software that can import video recorded during the operation to keep a visual record of the third rail defect that was detected to store data and a maintenance plan in the next sequence. After design, installation and testing equipment for defect detection on the third rail. The test results showed that the proper term for the installation of the camera. Distance from the third rail of approximately 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cm. The brightness of the light is 240-420 lux at an angle of 45 degrees, light action with the third rail and the speed range is 0.5-1 mph which the most suitable for the operation. When the device detects signs of damage to the third rail to signal a fire warning via LED bulbs installed, the test software is used to store recorded defects of third rail from the video that showed the practice works.

Keywords: equipment for defect detection, third rail



กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือ คอยให้คำปรึกษา และคำแนะนำเป็นอย่างดีจากบุคลากรหลายฝ่าย

ขอขอบคุณ บริษัท ซีเมนส์ โมบิลิตี้ จำกัด ที่ให้ความกรุณา สนับสนุนในด้านทรัพยากรในการทำปริญญาบัตร

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.จิตรภรณ์ วงสาแกม อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาบัตร อาจารย์ทุกท่านทั้งในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและอาจารย์ท่านอื่นๆที่เคยสั่งสอนและให้ความรู้แก่ข้าพเจ้ามา

ขอขอบคุณบุคลากรภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ติดต่อประสานงานกับทาง บริษัท ซีเมนส์ โมบิลิตี้ จำกัด ทำให้ข้าพเจ้าได้มีโอกาสทำปริญญาบัตรร่วมกับบริษัทในโครงการสหกิจศึกษา

ณัฐวัฒน์

ภาณุพงศ์

ปริมล

สุขเจริญยิ่งยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ.....	I
Abstract.....	III
กิตติกรรมประกาศ	V
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ขอบเขตการศึกษา	2
วิธีการดำเนินการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินโครงการ	3
บทที่ 2 ความรู้พื้นฐาน ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 บทนำ.....	4
2.2 ลักษณะการวางตัวของทางในอุโมงค์เดินรถไฟ.....	4
2.3 รางที่สาม (Third Rail)	5
2.4 ลักษณะการเกิดรอยความเสียหายบนรางที่สาม	6
2.4.1 การอาร์ค	6
2.4.2 รูปความเสียหายที่เกิดขึ้นกับรางที่สาม.....	7
2.4.3 ลักษณะงาน Third Rail Inspection	8
2.5 การประมวลผลภาพ (Image Processing).....	8
2.5.1 ระบบสี (Color Model)	11
2.5.2 อุปกรณ์ Hardware ที่ใช้ในการประมวลผลภาพ.....	14
2.6 ภาษาทางคอมพิวเตอร์.....	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

2.6.1 ภาษา Python.....	15
2.6.1.1 คุณสมบัติและความสามารถของภาษาไพธอน	16
2.6.1.2 คุณสมบัติเด่นของภาษาไพธอน.....	16
2.6.1.3 คุณสมบัติด้อยของภาษาไพธอน	17
2.6.2 ภาษา c ++.....	18
2.6.2.1 ข้อดีของภาษา C++.....	19
2.6.2.2 ข้อเสียของภาษา C++.....	19
2.7 OpenCV (Open Computer Vision).....	19
2.8 เทคนิคการเขียนซอฟต์แวร์สำหรับการตรวจจับสิ่งต่างๆ.....	20
2.8.1 Haar cascade.....	21
2.8.2 กระบวนการ Background Subtraction	23
2.8.3 Edge Detection	25
2.9 คุณสมบัติของวัสดุ.....	26
2.9.1 คุณสมบัติของอลูมิเนียม	26
2.9.2 คุณสมบัติของสแตนเลส.....	27
2.9.3 คุณสมบัติของเหล็ก.....	27
2.9.4 คุณสมบัติของซูเปอร์อัลลอย.....	28
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	31
3.1 แนวคิดในการออกแบบซอฟต์แวร์ (Software).....	31
3.1.1 การออกแบบซอฟต์แวร์การประมวลผลภาพ.....	32
3.2 ขั้นตอนการสร้างและออกแบบระบบโปรแกรม (Software).....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

3.2.1	ศึกษาภาษาที่ใช้ในการออกแบบซอฟต์แวร์	36
3.2.2	ออกแบบขั้นตอนดำเนินงานของ โปรแกรม (Process Of Program)	36
3.2.3	เตรียมอุปกรณ์ (Hardware) และ โปรแกรม (Software) ที่ต้องใช้งาน	37
3.2.3.1	เตรียมอุปกรณ์ (Hardware)	37
3.2.3.2	ขั้นตอนการต่อวงจรหลอดไฟ LED และจอ LCD.....	38
3.2.3.3	เตรียมโปรแกรม (Software) ที่ใช้ในการทำงาน.....	39
3.2.4	ขั้นตอนการเขียนโค้ด การทดสอบและอธิบายโค้ด (Coding) Haar Cascade	40
3.2.5	การทดสอบ, อธิบายโค้ด โปรแกรมเชิงภาพที่ตรวจจับภาพรอยความเสียหายของรางที่สาม....	44
3.2.6	การเลือกใช้แบตเตอรี่ของชุดทดลอง	46
3.3	การออกแบบและจัดทำรถเข็นชุดตรวจจับรอยความเสียหายของรางที่สาม (Trolley)	47
3.3.1	การเลือกใช้วัสดุ	48
3.3.2	การเขียนแบบและการจัดทำอุปกรณ์.....	49
3.4	การทดสอบการติดตั้งและใช้งานของเครื่องตรวจจับรอยความเสียหายของรางที่สาม	51
3.4.1	การทดสอบหาระยะการติดตั้งกล้อง	51
3.4.2	การทดสอบหาค่าความสว่างและมุมไฟที่เหมาะสม.....	51
3.4.2.1	อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าความสว่าง	51
3.4.2.2	การทดสอบการหาค่าความสว่างและมุมของไฟ LED ที่เหมาะสม	52
3.4.3	การทดสอบหาความเร็วในการตรวจจับที่เหมาะสม	53
บทที่ 4	ผลการดำเนินงาน	54
4.1	ผลการทดสอบการตรวจจับเบื้องต้น	56
4.2	ผลการหาระยะติดตั้งกล้องที่เหมาะสม	57
4.3	ผลการทดสอบหาค่าความสว่างและมุมของแสงสว่างที่เหมาะสม	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

4.3.1 ตารางบันทึกผลหาค่าความสว่างและมุมของแสงสว่างที่กระทำกับผิวของรางที่สาม	58
4.4 ผลการทดสอบหาค่าความเร็วในเคลื่อนย้ายกลิ้งผ่านรอยความเสียหาย	66
4.4.1 ผลการหาความเร็วของกลิ้งเมื่อเคลื่อนที่ผ่านรอยความเสียหายบนรางที่สาม	67
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	70
5.1 สรุปผลการทดลอง	70
5.2 ข้อเสนอแนะ	71
บรรณานุกรม	72
ภาคผนวก ก วิธีการลง OS บน Raspberry Pi	74
ภาคผนวก ข ขั้นตอนการประกอบเครื่องมือ	79
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้เครื่องตรวจจับความเสียหายของรางที่สาม	84
ภาคผนวก ง การออกแบบผ่าน โปรแกรม AutoCAD	87

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบขณะที่แสงสว่างทำมุม 45° กับผิวของรางที่สาม	59
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบขณะที่แสงสว่างทำมุม 90° กับผิวของรางที่สาม	62
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบขณะเคลื่อนที่ผ่านรอยความเสียหายบนรางที่สามที่เวลาต่างๆ	67
ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์การตรวจจับภาพรอยความเสียหาย (%)และ ความเร็วเฉลี่ย (m/s)	68



สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1	ระยะการวางตัวของรางที่สาม.....	4
รูปที่ 2.2	การรับไฟผ่านรางตัวนำ	5
รูปที่ 2.3	รอยความเสียหายบริเวณรอยต่อเพื่อขยาย (Expansion Joint)	7
รูปที่ 2.4	รอยความเสียหายบริเวณปลายรางที่สาม (Ramp)	7
รูปที่ 2.5	การแปลงภาพอนาล็อกให้เป็นภาพดิจิทัล	9
รูปที่ 2.6	ภาพแบบ Binary หรือ ภาพขาว-ดำ.....	9
รูปที่ 2.7	ภาพแบบ Grayscale	10
รูปที่ 2.8	ภาพแบบ RGB.....	10
รูปที่ 2.9	ภาพสีแบบ Indexed	11
รูปที่ 2.10	ระดับสีของ Grayscale ตามขนาดข้อมูลที่เก็บค่าสี.....	11
รูปที่ 2.11	ความแตกต่างของ สีแสง (RGB) และ สีวัตถุ (CMYK)	12
รูปที่ 2.12	วงล้อสีแบบ RGB	12
รูปที่ 2.13	โมเดลสี HSV ในรูปแบบ โคน Cone.....	13
รูปที่ 2.14	ภาพที่เก็บในแต่ละ channel ในระบบสี RGB และ HSV	13
รูปที่ 2.15	ส่วนประกอบของบอร์ด Raspberry Pi 4 Model B	15
รูปที่ 2.16	OpenCV Logo.....	20
รูปที่ 2.17	แบบ Haar Like Feature 4 แบบที่ถูกเลือกใช้(A – B – C – D)	22
รูปที่ 2.18	พื้นที่ที่ถูกอินทิกรัล.....	22
รูปที่ 2.19	พื้นที่ที่ถูกอินทิกรัลเพื่อหาพื้นที่ทั้งหมดที่เราต้องการ	23
รูปที่ 2.20	ความแตกต่างของฟิสิกเซล (Threshold).....	24
รูปที่ 2.21	ส่วนต่างของภาพสองภาพ	24
รูปที่ 2.22	รูปตัวอย่างและการหาความชันในหนึ่งมิติ	25
รูปที่ 2.23	การหาขอบภาพโดยวิธีการ Vertical Edge Detection.....	26
รูปที่ 2.24	Classification of Face Recognition Methods	28
รูปที่ 2.25	The generic model of image processing system	29
รูปที่ 2.26	The testing equipment for sensing system	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 3.1 รอยความเสียหายบริเวณรอยต่อเพื่อขยาย (Expansion Joint)	31
รูปที่ 3.2 รูปภาพเฉพาะส่วนรอยความเสียหายของรางที่สาม (Positive).....	33
รูปที่ 3.3 รูปภาพส่วนที่ไม่มีรอยความเสียหายของรางที่สาม (Negative)	33
รูปที่ 3.4 การตรวจพบรอยความเสียหายบนรางที่สาม.....	34
รูปที่ 3.5 หลอดไฟ LED แจ็งเดือน	35
รูปที่ 3.6 โปรแกรมดึงรูปภาพที่ถูกตรวจจับ	35
รูปที่ 3.7 Flowchart ขั้นตอนดำเนินงานของโปรแกรม.....	36
รูปที่ 3.8 ชุดอุปกรณ์ (Hardware).....	37
รูปที่ 3.9 จอ Waveshare 3.5 inch LCD (B)	38
รูปที่ 3.10 วงจรหลอดไฟ LED.....	38
รูปที่ 3.11 การต่อจอ Waveshare 3.5 inch LCD (B)	39
รูปที่ 3.12 โค้ดทั้งหมด ชุดที่ 1	40
รูปที่ 3.13 โค้ดทั้งหมด ชุดที่ 2	40
รูปที่ 3.14 อธิบายโค้ด Haar Cascade ชุดที่ 1	40
รูปที่ 3.15 อธิบายโค้ด Haar Cascade ชุดที่ 2	41
รูปที่ 3.16 อธิบายโค้ด Haar Cascade ชุดที่ 3	41
รูปที่ 3.17 อธิบายโค้ด Haar Cascade ชุดที่ 4	42
รูปที่ 3.18 อธิบายโค้ด Haar Cascade ชุดที่ 5	42
รูปที่ 3.19 อธิบายโค้ด Haar Cascade ชุดที่ 6	43
รูปที่ 3.20 โค้ดโปรแกรมดึงภาพ ชุดที่ 1	44
รูปที่ 3.21 โค้ดโปรแกรมดึงภาพ ชุดที่ 2	44
รูปที่ 3.22 โค้ดโปรแกรมดึงภาพ ชุดที่ 3	45
รูปที่ 3.23 ภาพแสดงการวัดกระแสไฟของชุดทดลองขณะทำงาน	46
รูปที่ 3.24 วงจรการวัดกระแสไฟของชุดทดลอง.....	46
รูปที่ 3.25 แบตเตอรี่สำรอง eloop E13	47
รูปที่ 3.26 ภาพแบบของตำแหน่งการติดตั้งของรางที่สาม	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปรภาพ (ต่อ)

รูปที่ 3.27 ภาพแบบของรางที่สาม.....	48
รูปที่ 3.28 เครื่องตรวจจับความเสียหายของรางที่สาม	49
รูปที่ 3.29 ล้อที่ได้ออกแบบผ่าน โปรแกรม AutoCAD	49
รูปที่ 3.30 แผ่นประกบข้างล้อที่ได้ออกแบบผ่าน โปรแกรม AutoCAD.....	50
รูปที่ 3.31 โครงสร้างส่วนบนที่ได้ออกแบบผ่าน โปรแกรม AutoCAD	50
รูปที่ 3.32 โครงสร้างที่ใช้สำหรับยึดจับล้อที่ได้ออกแบบผ่าน โปรแกรม AutoCAD.....	51
รูปที่ 3.33 เครื่องวัดความสว่าง BENETECH GM1010.....	52
รูปที่ 3.34 การติดตั้งไฟLED ทำมุม 45° กับผิวขึ้นทดสอบ.....	52
รูปที่ 3.35 การติดตั้งไฟLED ทำมุม 90° กับผิวขึ้นทดสอบ.....	53
รูปที่ 3.36 ภาพแสดงการทดสอบความเร็วของเครื่องตรวจจับรอยความเสียหาย	53
รูปที่ 4.1 รถเข็นชุดตรวจจับรอยความเสียหายของรางที่สาม.....	54
รูปที่ 4.2 รอยความเสียหายที่บริเวณรอยต่อเพื่อขยาย (Expansion Joint)	55
รูปที่ 4.3 รอยความเสียหายที่บริเวณปลายรางที่สาม (Ramp).....	55
รูปที่ 4.4 ตัวอย่างรอยความเสียหายที่บริเวณรอยต่อเพื่อขยาย (Expansion Joint).....	56
รูปที่ 4.5 รอยความเสียหายที่ถูกตรวจจับ	57
รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบหาระยะติดตั้งล้อ.....	57
รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพัทธ์ของเปอร์เซ็นต์การตรวจจับ (%) กับ ค่าความสว่าง(Lux) ที่มุม45°	61
รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพัทธ์ของเปอร์เซ็นต์การตรวจจับ (%) กับ ค่าความสว่าง(Lux) ที่มุม90°	64
รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพัทธ์ของเปอร์เซ็นต์การตรวจจับ (%) กับ ค่าความสว่าง(Lux) ที่มุม45°,90°	65
รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพัทธ์ของเปอร์เซ็นต์การตรวจจับ(%) กับ ค่าความเร็วเฉลี่ย (m/s)	68

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันระบบขนส่งทางราง เป็นระบบขนส่งอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ถือเป็นระบบขนส่งมวลชนที่เป็นหนึ่งในทางเลือกของการเดินทางในปัจจุบัน โดยทุกวันนี้มีโครงการก่อสร้างและพัฒนาระบบขนส่งทางรางในหลายพื้นที่ของประเทศ ไม่ว่าจะเป็นทั้งรถไฟฟ้าทางคู่ที่ใช้ น้ำมันเป็นพลังงานเชื้อเพลิงหลักหรือแม้กระทั่งรถไฟฟ้าที่อาศัยพลังงานจากไฟฟ้าก็ตาม ซึ่งทั้งหมดนี้ล้วนแล้วแต่เป็นการยกระดับระบบขนส่งของประเทศให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นทั้งสิ้น ทั้งนี้การที่จะคงประสิทธิภาพของระบบขนส่งทางรางให้ได้ตามมาตรฐานที่ตั้งไว้ จำเป็นจะต้องอาศัยปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายอย่าง ซึ่งปัจจัยหนึ่งที่สำคัญคือ การซ่อมบำรุง โดยในการซ่อมบำรุงนั้นหมายรวมถึงการคงประสิทธิภาพของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ให้พร้อมที่จะใช้งานอยู่เสมอ อาทิเช่น ในระบบของรถไฟฟ้า การให้พลังงานไฟฟ้าแก่รถไฟฟ้าถือเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากและจำเป็นจะต้องอาศัยตัวกลางในการให้พลังงาน นั่นก็คือ รางที่สาม ซึ่งถ้าหากรางที่สามเกิดความเสียหายขึ้น ก็จะทำให้การทำงานนั้นไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบรางที่สามด้วยสายตา(visual inspect) ซึ่งถือเป็นหนึ่งในวิธีการซ่อมบำรุงเช่นกัน โดยจะกระทำการตรวจสอบความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของรางที่สาม โดยความเสียหายของรางที่สามเกิดขึ้นนั้นจะส่งผลให้ตัวรับกระแสไฟฟ้าของรถไฟฟ้า (collector shoe) ของรถไฟฟ้า มีอายุการใช้งานที่สั้นลงและผู้ที่ทำการซ่อมบำรุงจะตรวจสอบความเสียหายที่เกิดขึ้นเพียงบางจุดเท่านั้น และจุดที่คาดว่าจะเกิดความเสียหายมากที่สุด คือบริเวณ Expansion joint แต่โดยปกติแล้วผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องตรวจสอบทุกจุด โดยในการตรวจสอบนั้นจะปฏิบัติด้วยการใช้กระจกส่องดูบริเวณที่เกิดความเสียหายหรือในบางครั้งผู้ตรวจสอบจะต้องก้มลงไปตรวจสอบด้วยตนเอง ซึ่งในอุโมงค์เดินรถที่เต็มไปด้วยฝุ่นธรรมชาติและฝุ่นเหล็กที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย อีกทั้งยังมีพื้นที่บางพื้นที่ที่อากาศไม่สามารถถ่ายเทได้อย่างสะดวก อาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานรู้สึกอึดอัดและไม่สะดวกต่อการปฏิบัติงาน รวมไปถึงการก้มตัวลงไปตรวจสอบอาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีอาการหน้ามืดก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้ นอกจากนี้ยังอาจก่อให้เกิดผลเสียทางสรีระร่างกายในระยะยาว และยังเป็นความเสี่ยงต่อการสัมผัสกับรางที่สามซึ่งอาจมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านอยู่อีกด้วย

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงเป็นที่มาของการจัดทำปริญญาานิพนธ์ การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ การตรวจจับความเสียหายของรางที่สาม ของทางผู้จัดทำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ เพิ่มประสิทธิภาพในการ ตรวจสอบความเสียหายของรางที่สามและเพิ่มความสะดวกในการทำงานให้แก่ผู้ใช้งาน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษา ออกแบบ และจัดทำอุปกรณ์การตรวจจับความเสียหายของรางที่สาม
2. ออกแบบ software ทางคอมพิวเตอร์เพื่อตรวจจับความเสียหายที่เกิดขึ้นกับรางที่สาม
3. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการติดตั้งและทำงานของเครื่องมือ

ขอบเขตการศึกษา

1. ออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับความเสียหายของรางที่สามและส่งสัญญาณแจ้งเตือนด้วยหลอดไฟ LED
2. ทดสอบความเสียหายของรางที่สามในช่วง Expansion joint
3. ศึกษากระบวนการตรวจจับด้วยวิธีการประมวลผลภาพ (Image Processing)
4. ศึกษาวิธีการประมวลผลภาพด้วยวิธี Haar Cascade

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. รวบรวมข้อมูล ศึกษาทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับวัสดุชนิดต่างๆ
2. ศึกษาการเขียนซอฟต์แวร์ทางคอมพิวเตอร์และเทคนิคสำหรับการประยุกต์ใช้ในการตรวจจับความเสียหายของรางที่สาม
3. ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจจับความเสียหายของรางที่สาม
4. รวบรวมข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงบนซอฟต์แวร์ทางคอมพิวเตอร์สำหรับการตรวจจับความเสียหายของรางที่สาม
5. ทำการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจจับความเสียหายของรางที่สาม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบและจัดทำอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับความเสียหายของรางที่สาม
2. ได้นำทักษะความรู้ทางด้าน image processing มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์

ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

หัวข้อ	เดือน	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
		2562	2562	2562	2562
1.ศึกษาและออกแบบโครงสร้างของเครื่องตรวจจับความเสียหายของรางที่สาม					
2.ศึกษาหลักการทำงานของ image processing					
3.เขียน software ทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการตรวจจับความเสียหายที่เกิดขึ้นกับรางที่สาม					
4.จัดทำเครื่องมือและติดตั้งกล้องสำหรับการตรวจจับความเสียหายที่เกิดขึ้นกับรางที่สาม					
5. ทดลองและเก็บผลการทดลอง					
6.วิเคราะห์ผลการทดลอง					
7. สรุปผลการทดลอง					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและรูปร่างอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

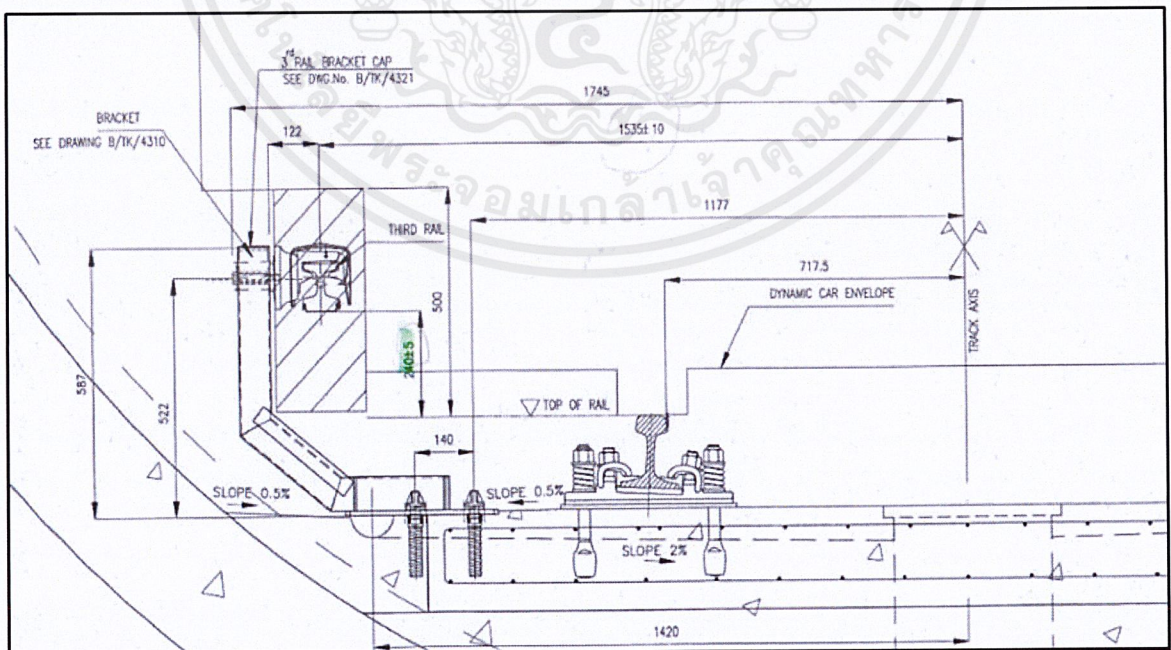
ความรู้พื้นฐาน ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในการศึกษาเรื่องการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์การตรวจจับรอยความเสียหายของรางที่สาม จำเป็นต้องมีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ รางที่สาม การประมวลผลภาพ เทคนิคการเขียนซอฟต์แวร์ และ คุณสมบัติของวัสดุ ซึ่งจะกล่าวในบทนี้

2.2 ลักษณะการวางตัวของทางในอุโมงค์เดินรถไฟ

ขนาดความกว้างของรางรถไฟ หรือเรียกอย่างง่ายว่า เกจ (Gauge) คือระยะห่างของรางรถไฟซึ่งวัดจากหัวรางด้านในข้างซ้ายจนถึงหัวรางด้านในด้านขวา ในโครงสร้างทางรถไฟฟ้าของรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินใช้รางขนาด 1.435 เมตร หรือ Standard Gauge ซึ่งใช้ระบบจ่ายไฟให้แก่รถไฟฟ้าโดยใช้รางที่สาม โดยระยะการวางตัวของรางรถไฟฟ้ากับรางที่สามจะมีระยะดังแสดงในรูปที่ 2.1

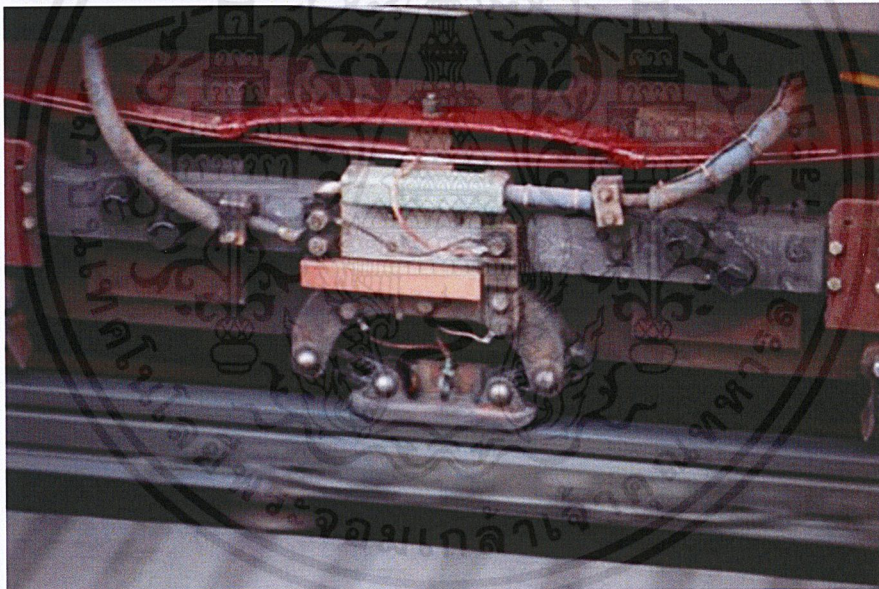


รูปที่ 2.1 ระยะการวางตัวของรางที่สาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 รางที่สาม (Third Rail)

รางที่สาม หรือ รางตัวนำ (Third Rail) เป็นรางลักษณะกึ่งแข็งกึ่งอ่อนที่มีกระแสไฟฟ้า ทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับขบวนรถไฟอย่างต่อเนื่อง รางนี้จะถูกวางที่ด้านข้างหรือระหว่างรางวิ่งของรถไฟ โดยทั่วไปมักจะ ถูกใช้ในระบบขนส่งมวลชนหรือระบบรถไฟฟ้ามหานคร โดยส่วนใหญ่รางที่สามจะจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ตัวอย่างเช่น ในระบบรถไฟฟ้ามหานครกรุงเทพฯ จะใช้ไฟอยู่ที่ 750 โวลต์ เป็นต้น หัวรถจักรจะมีปลอกหน้าสัมผัสโลหะที่เรียกว่า รองเท้าหน้าสัมผัส หรือ รองเท้ารับไฟ (Collector shoe) ซึ่งแตะกับรางที่สาม โดยจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลจากรางที่สามจ่ายให้มอเตอร์กระแสตรงที่เป็นเครื่องยนต์ขับเคลื่อนขบวนรถไฟและถูกส่งกลับให้ครบวงจรไปยังสถานีผลิตไฟฟ้าผ่านทางรางวิ่ง รางที่สามมักจะ ทำจากเหล็ก อลูมิเนียม หรือ สแตนเลส ซึ่งมีการนำไฟฟ้าที่สูงและรางวิ่งแต่ละช่วงจะต้องถูกเชื่อมต่อทางไฟฟ้าโดยใช้การหลอมติดกันด้วยลวดหรืออุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อลดความต้านทานในวงจรไฟฟ้า



รูปที่ 2. 2 การรับไฟผ่านรางตัวนำ

2.4 ลักษณะการเกิดรอยความเสียหายบนรางที่สาม

การเกิดรอยความเสียหายของรางที่สามมีสาเหตุหลักๆอยู่ 2 บริเวณ บริเวณแรกคือช่วงรอยต่อเพื่อขยาย (Expansion Joint) ในบริเวณนี้พื้นผิวของรางที่สามมีช่องว่าง ทำให้ขณะที่ตัวรับกระแสไฟ (Collector Shoe) ของรถไฟฟ้า เคลื่อนผ่านจะทำให้เกิดการอาร์คขึ้นทำให้เกิดรอยความเสียหายที่เกิดจากการอาร์ค บริเวณที่สองคือบริเวณปลายรางที่สาม (Ramp) เป็นจุดที่รางที่สามกับตัวรับกระแสไฟของรถไฟฟ้าเกิดการเสียดสีกันอย่างรุนแรงทำให้เกิดรอยความเสียหายในลักษณะเป็นรอยลึกหรือเข้าไปในตัวรางที่สาม

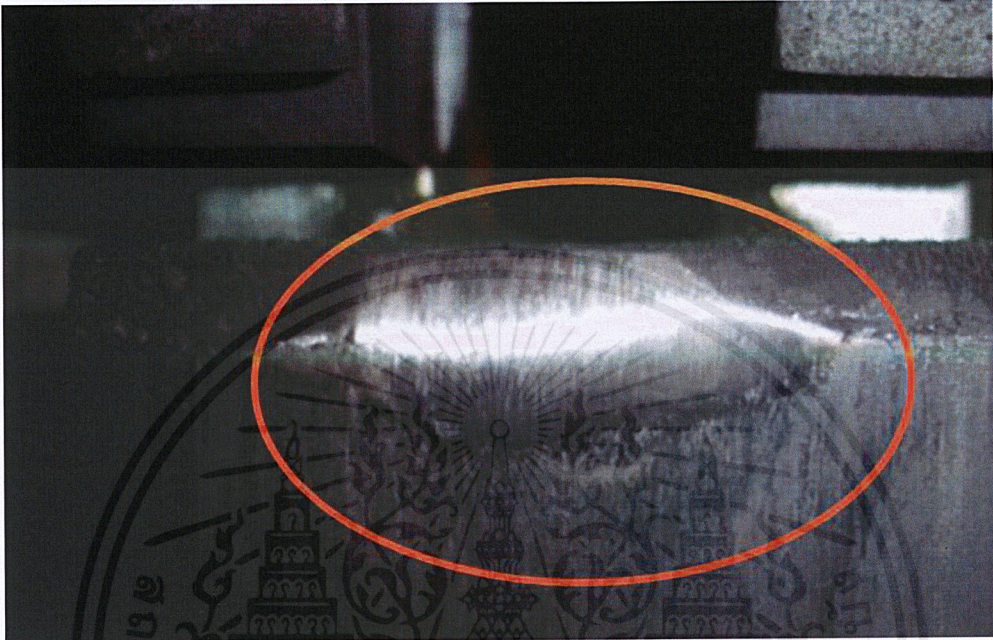
2.4.1 การอาร์ค

การอาร์คสามารถเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. เมื่อเกิดแรงดันเกิน (overvoltage) ค่าความคงทนต่อความเครียดสนามไฟฟ้า หรือค่าความเป็นฉนวนของอากาศ เนื่องจากแรงดันเสิร์จหรือแรงดันทรานเซียน อาจเกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะ คือ แรงดันเสิร์จฟ้าผ่า แรงดัน เสิร์จสวิตชิง และแรงดันเกินชั่วคราว
2. เมื่ออากาศรอบตัวนำมีอุณหภูมิสูง เนื่องจาก กระแสไฟฟ้าปริมาณมากไหลผ่าน เช่น กระแสในสายไฟเกินพิกัด จะเกิดความร้อนสูงขึ้นทำให้ฉนวนเสียหาย เป็นเหตุให้เกิดการอาร์คได้
3. เมื่อหน้าสัมผัสหรือจุดต่อทางไฟฟ้าแยกออก จากกัน ในขณะที่มีกระแสไฟฟ้าปริมาณมากไหลผ่านกรณีนี้ จุดสัมผัสสุดท้ายจะเกิดความร้อนสูง และจะเกิดการอาร์คขึ้น ซึ่งการสัมผัสระหว่าง collector shoes กับ third rail ก็เช่นกัน ที่สามารถเกิดการอาร์คอันเนื่องมาจากเหตุผลข้อนี้

2.4.2 รูปความเสียหายที่เกิดขึ้นกับรางที่สาม

รอยความเสียหายที่เกิดขึ้นมี 2 บริเวณ ได้แก่ บริเวณรอยต่อเพื่อขยาย (Expansion Joint) และ บริเวณปลายรางที่สาม (Ramp) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และ 2.4 ตามลำดับ



รูปที่ 2.3 รอยความเสียหายบริเวณรอยต่อเพื่อขยาย (Expansion Joint)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หากนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ลักษณะงาน Third Rail Inspection

เป็นการเดินสำรวจในอุโมงค์ ซึ่งในการปฏิบัติงานจะต้องมีผู้ปฏิบัติงานอย่างน้อย 2 คน โดยปกติจะปฏิบัติงานควบคู่กับงาน Track Patrol ที่เป็นงานสำรวจตรวจสอบรางรถไฟ งาน Third Rail Inspection มีเพื่อตรวจสอบหาความผิดปกติเกี่ยวกับรางที่สามซึ่งเป็นรางจ่ายไฟให้แก่รถไฟไฟฟ้า อย่างเช่นความเสียหายในส่วนต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นขาค้างรางที่สาม แผ่นพลาสติกที่คลุมตัวรางที่สามไว้ และรวมทั้งรอยความเสียหายบนผิวของรางที่สามที่เกิดจากการใช้งาน โดยรอยความเสียหายของรางที่สามที่เกิดจากการใช้งานจะมี 2 แบบ เช่น ความเสียหายบริเวณ Expansion joint และ ความเสียหายบริเวณ Ramp ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อข้างต้น

2.5 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

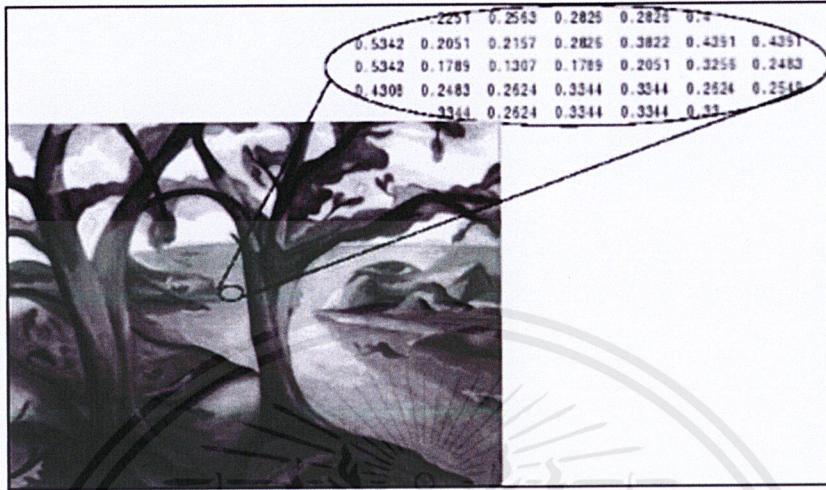
การประมวลผลภาพดิจิทัลคือการนำภาพที่มีอยู่แล้ว หรือภาพที่รับเข้ามาจากอุปกรณ์ต่าง ๆ หรือเป็นภาพที่มีอยู่มาประมวลผลเพื่อหาลักษณะเด่นบางประการของภาพที่มีอยู่ หรืออาจจะเป็นการตีความหมายของภาพ รวมถึงการปรับคุณลักษณะของภาพให้เป็นไปตามต้องการ โดยใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์

Image Processing ถือเป็นวิชาที่เพิ่งเกิดขึ้นใหม่ เนื่องจากมันเริ่มเกิดขึ้นมาเมื่อคอมพิวเตอร์มีความสามารถสูงขึ้น จึงมีแนวคิดที่จะนำคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการประมวลผล Signal processing มาทำการประยุกต์ใช้กับสัญญาณภาพขึ้น โดยภาพส่วนใหญ่จะเก็บอยู่ในรูปแบบของ Array โดยกลุ่มของ array กลุ่มหนึ่งจะเป็นค่าของภาพหนึ่งพิกเซล เช่น ภาพแบบ RGB ใช้ Array 3 ช่องเพื่อเก็บค่าสีของ RGB ในหนึ่งพิกเซล ดังนั้น โดยส่วนมาก ภาพแบบ RAW ที่ไม่ผ่านการบีบอัดใด ๆ จะใช้เนื้อที่เก็บข้อมูล $width*height*channel$ ซึ่งจะกินหน่วยความจำ มาก จึงมีการคิดค้นการบีบข้อมูลภาพ เพื่อลดขนาดของภาพลง ซึ่งจะแบ่งอัลกอริทึมในการบีบอัดภาพออกเป็นสองกลุ่มคือ

1. Lossless Algorithm คือวิธีการที่บีบอัดภาพ โดยไม่ยอมสูญเสียคุณภาพของภาพไป เช่น Runlength หรือ Huffman เป็นต้น
2. Lossy Algorithm วิธีนี้ คือวิธีที่ยอมเสียคุณภาพของภาพไปบ้าง เพื่อลดขนาดลงโดยปกติวิธีนี้จะให้ไฟล์ภาพที่เล็กกว่าวิธีที่ 1 แต่จะมีการสูญเสียคุณภาพของภาพไปบ้าง

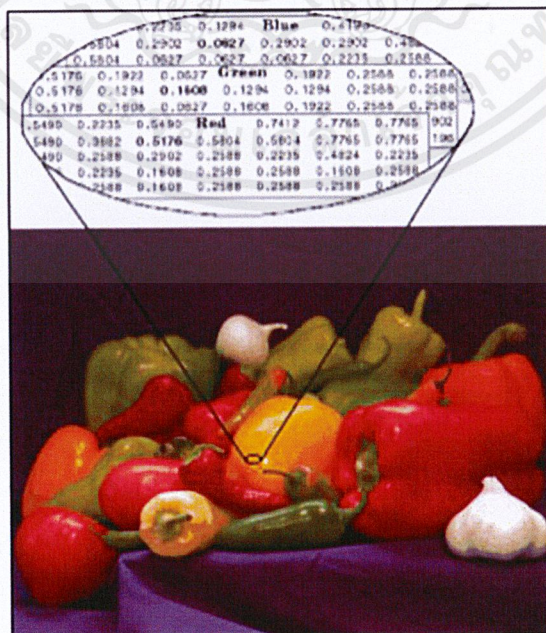
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและ 8 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Grayscale Image เป็นภาพ channel เดียวเช่นกัน โดยเก็บเป็น array คล้าย ๆ กับภาพขาวดำ แต่ค่าที่อยู่ใน Array เป็นค่าของความสว่าง ซึ่งมีค่าได้ตั้งแต่ 0-255



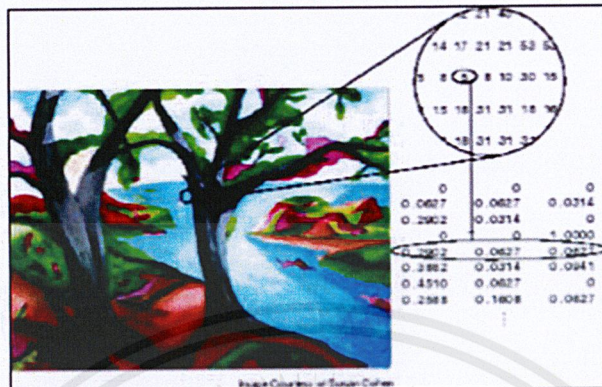
รูปที่ 2.7 ภาพแบบ Grayscale

- RGB Image เป็นภาพแบบ 3 Channel โดยภาพจะเก็บอยู่ในรูปภาพโดยเรียงตามลำดับ BGR แต่ถ้าหากอยู่ในไฟล์ภาพจะเรียงตามปกติคือ RGB โดยในภาพ โดยจะใช้พื้นที่ในการเก็บภาพเป็นขนาด $m*n*3$ กล่าวคือ จะต้องใช้พื้นที่เก็บทั้ง 3 channel



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ 2.8 ภาพแบบ RGB ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

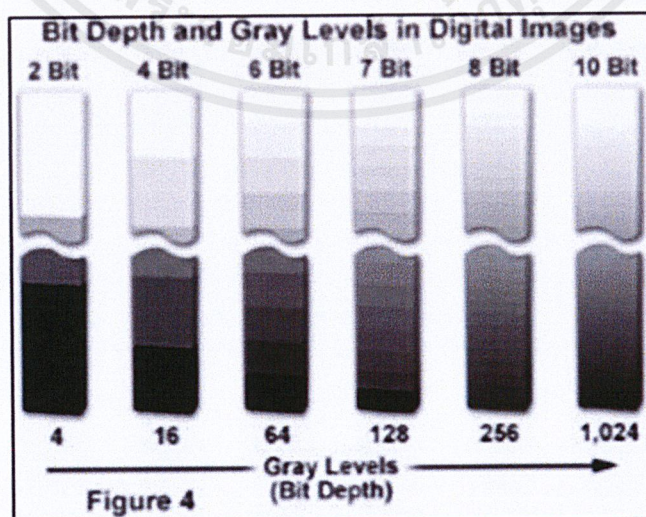
- Indexed Image เป็นลักษณะที่นิยมใช้กันในการประมวลผลภาพอีกแบบหนึ่ง โดยภาพจะมีลักษณะที่มีสารบัญเก็บค่าสีในแต่ละจุดแล้วนำมาอ้างอิง



รูปที่ 2.9 ภาพสีแบบ Indexed

2.5.1 ระบบสี (Color Model)

ระบบสี Grayscale เป็นช่วงของเฉดสีเทา ซึ่งแตกต่างกับภาพขาว-ดำ ที่มีเพียง 2 สี คือ ขาว กับ ดำ สีใน grayscale นี้ แสดงถึงความเข้มของสี (Intensity) ในระดับต่าง ๆ โดยสีดำเป็นส่วนที่มีความเข้มของสีน้อย และสีขาวจะมีความเข้มของสีมาก จำนวนระดับของสีขึ้นอยู่กับขนาดของบิตที่ใช้เก็บค่าสี โดยทั่วไปแล้วจะเก็บข้อมูลสีประเภทนี้ด้วยข้อมูลขนาด 8 บิต หรือ 1 ไบต์ ซึ่งจะให้ความละเอียดของสีที่ 256 เฉดสี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ซึ่งห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบสี RGB เป็นระบบสีที่ประกอบด้วยแม่สีหลักสามสีคือ แดง (Red), เขียว (Green) และ น้ำเงิน (Blue) RGB นั้นเป็นระบบสีแสง และเป็นแบบ Additive คือ ถ้าไม่มีสีใดเลยจะมองเห็นเป็นสีดำ และ ในทางกลับกัน หากมีครบทุกสีจะมองเป็นสีขาว จะต่างกับระบบสีแบบ Subtractive หรือระบบสีแบบ CMYK ที่เป็นสีที่เกิดจากการสะท้อน หรือเรียกกันทั่วไปว่าสีวัตถุ



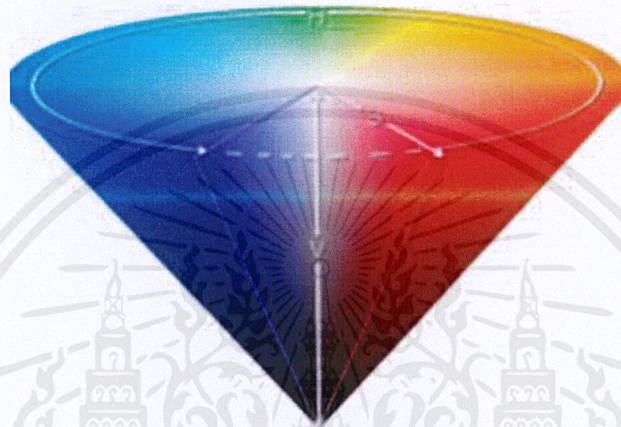
รูปที่ 2.11 ความแตกต่างของ สีแสง (RGB) และ สีวัตถุ (CMYK)



รูปที่ 2.12 วงล้อสีแบบ RGB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบสี HSV (Hue, Saturation, Value) เป็นระบบสีที่นิยมใช้กันในหมู่การประมวลผลภาพที่ต้องการรับภาพที่มีลักษณะที่มีความหลากหลายทางแสงสูง เพราะข้อดีคือระบบสีประเภทนี้จะเป็นระบบสีที่แยกความสว่างออกไปเป็นค่า V ทำให้การประมวลผลภาพเดียวกันแต่มีความสว่างแตกต่างกันทำได้ดีมากขึ้นและนอกจากนี้ระบบสีดังกล่าวยังเป็นระบบที่สามารถที่จะนำไปพิจารณาค่าความอิ่มตัวของสีต่าง ๆ ได้ซึ่งจะเป็นผลดีในการแต่งภาพเช่นกัน



รูปที่ 2.13 โมเดลสี HSV ในรูปแบบโคน Cone



รูปที่ 2.14 ภาพที่เก็บในแต่ละ channel ในระบบสี RGB และ HSV

2.5.2 อุปกรณ์ Hardware ที่ใช้ในการประมวลผลภาพ

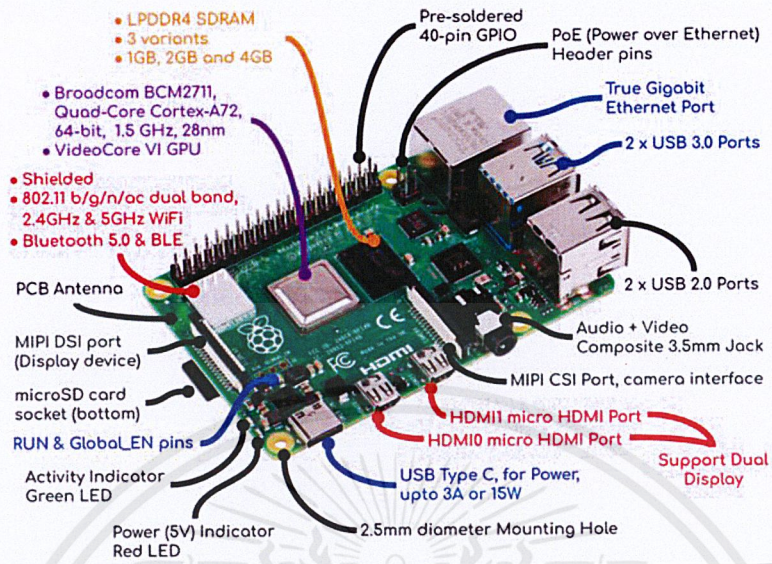
Raspberry Pi 4 Model B

Raspberry Pi 4 Model B เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์ 64 บิต ที่มีขนาดเล็กเท่ากับบัตรเครดิต รองรับระบบปฏิบัติการ Linux ที่พัฒนาโดย Raspberry Pi Foundation โดยช่วงแรกมีวัตถุประสงค์ที่จะใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับเด็กๆ แต่เนื่องจากเป็นบอร์ดที่ราคาไม่แพงมาก ใช้งานง่ายเมื่อเทียบกับบอร์ดอื่นๆเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นทำให้เป็นที่นิยมแพร่หลายสู่บุคคลทั่วไปอย่างรวดเร็ว

คุณสมบัติทางเทคนิคของบอร์ด Raspberry Pi4 Model B

1. Raspberry Pi 4 Model B แรม 4GB
2. บอร์ด Raspberry Pi 4 Model B คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กจาก Raspberry Pi Foundation รุ่น Pi 4
3. ใช้ชิพ Broadcom BCM2711 แบบ Quad-Core ARM Cortex-A72
4. ทำงานที่ความเร็ว 1.5GHz
5. หน่วยความจำแบบ LPDDR4-2400 ขนาด 4GB
6. ชิพสื่อสารไร้สาย Wireless Lan 2.4G และ 5G แบบ Dual Band
7. ชิพ Bluetooth 5.0 BLE
8. ช่องต่อ LAN แบบ Gigabit Ethernet
9. พอร์ต USB 3.0 Type A 2 ช่อง
10. พอร์ต USB 2.0 Type A 2 ช่อง
11. พอร์ต Micro SD card 1 ช่อง
12. พอร์ต Micro-HDMI 2 ช่อง
13. รองรับการเชื่อมต่อออกจอแบบ 4K 60P
14. ใช้แหล่งจ่ายไฟที่มีคอนเน็คเตอร์แบบ USB Type-C

ส่วนประกอบของบอร์ด Raspberry Pi 4 Model B



รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบของบอร์ด Raspberry Pi 4 Model B

2.6 ภาษาทางคอมพิวเตอร์

ภาษาที่ผู้ใช้งานใช้สื่อสารกับคอมพิวเตอร์ หรือคอมพิวเตอร์สื่อสารด้วยกันเอง แล้วคอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจแล้วปฏิบัติตามคำสั่งนั้นได้ เรียกอีกอย่างว่า ภาษาโปรแกรม

2.6.1 ภาษา Python

ไพธอน (Python) คือ ภาษาระดับสูงที่ใช้สำหรับการพัฒนาโปรแกรมอีกภาษาหนึ่ง โดยถูกสร้างขึ้นจากนักพัฒนาโปรแกรมชื่อ Guido van Rossum ซึ่งเป็นชาวดัตช์ (Dutch) ประเทศเนเธอร์แลนด์ ภาษาไพธอนได้รับอิทธิพลมาจากภาษา ABC ซึ่งมีความสามารถในการจัดการเกี่ยวกับข้อผิดพลาดของโปรแกรมได้อย่างดีและนำเอาความสามารถที่โดดเด่นของภาษาระดับสูงอื่นๆมาประยุกต์รวมกันเป็นภาษาไพธอน ส่งผลให้ภาษาไพธอนเป็นที่นิยมและใช้งานกันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นภาษาระดับสูงที่เรียนรู้ได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว มีรูปแบบการเขียนที่มีความกะทัดรัดและมีประสิทธิภาพสูง

2.6.1.1 คุณสมบัติและความสามารถของภาษาไพธอน

ไพธอนถูกพัฒนาขึ้นมาโดยไม่ขึ้นกับแพลตฟอร์ม (Platform independent) กล่าวคือ สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการใดๆก็ได้ เช่น ระบบปฏิบัติการตระกูลวินโดวส์ (Windows XP, 7, 8, 8.1 ฯ), ตระกูลยูนิกซ์-ลินุกซ์ (Unix, Linux ฯ) รวมไปถึงตระกูลแมคด้วย (Macintosh) โดยระบบปฏิบัติการเหล่านี้ติดตั้งเพียงโปรแกรมแปลภาษาให้เป็นภาษาเครื่องของสถาปัตยกรรมนั้นๆเพียงเท่านั้น

2.6.1.2 คุณสมบัติเด่นของภาษาไพธอน

1. โปรแกรมต้นฉบับที่ถูกเขียนไว้ด้วยภาษาไพธอน สามารถนำไปประมวลผลกับระบบปฏิบัติการอื่นได้ (Portable/Cross platform/Platform independent) เช่น Unix, Linux, Microsoft windows, Macintosh, PlayStation, Solaris เป็นต้น
2. เนื่องด้วยภาษาไพธอนถูกพัฒนาขึ้นมาจากภาษาซี ทำให้ได้รับอิทธิพลไวยากรณ์ทางภาษาดิมาจากภาษาซีด้วย ดังนั้นผู้ที่คุ้นเคยกับภาษาซีอยู่แล้วจะสามารถปรับตัวกับภาษาไพธอนได้ไม่ยากนัก
3. ภาษาไพธอนเป็นภาษาที่สวยงามและง่ายต่อการเรียนรู้ (Readability) อีกทั้งยังเขียนโปรแกรมได้กระชับ (Writability) เนื่องจากมีโครงสร้างของภาษาไม่ซับซ้อน เข้าใจง่าย และยังเป็นภาษาที่มีความยืดหยุ่นสูง (Flexibility) และมีความเสถียรภาพ (Reliability) เป็นอย่างมาก
4. ไพธอนมีความสามารถในการจัดการหน่วยความจำอัตโนมัติ (Garbage collection) สามารถบริหารจัดการพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งานแบบไม่ต่อเนื่องให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5. การแปลภาษาของภาษาไพธอนเป็นแบบอินเทอร์พรีเตอร์ คือจะประมวลผลไปที่ละบรรทัด ทำให้ใช้เวลาในการเขียนโปรแกรม และการคอมไพล์ไม่มาก
6. เนื่องด้วยภาษาไพธอนอยู่ภายใต้ลิขสิทธิ์ GNU หรือซอฟต์แวร์เสรี ทำให้ไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆในการใช้ซอฟต์แวร์

2.6.1.3 คุณสมบัติดีด้อยของภาษาไพธอน

จะประกอบไปด้วย 3 ด้านหลัก ซึ่งได้แก่

1. ความเร็ว กล่าวคือ ไพธอนเป็นภาษาสคริปต์ (Scripting language) ซึ่งทำงานโดยมีตัวแปลภาษา (Interpreter) แปลงคำสั่งในแต่ละบรรทัดของ โปรแกรมต้นฉบับ (Source code) ให้เป็นภาษาเครื่อง (Machine code) ซึ่งแตกต่างจากภาษาซี C++ โคบอล หรือปาสคาล เพราะภาษาเหล่านี้จะทำการแปลรหัสต้นฉบับให้กลายเป็น ภาษาเครื่องทั้งหมดก่อนเริ่มต้นทำงาน ส่งผลให้โปรแกรมขนาดใหญ่ที่เขียนขึ้นด้วยภาษาไพธอนจะทำงานได้ช้ากว่าโปรแกรมที่ใช้เทคนิคการคอมไพล์เพิ่มต้นฉบับทั้งหมดก่อน
2. โอกาสเกิดข้อผิดพลาดชนิด Runtime Error สูงขึ้น กล่าวคือ ในการประกาศตัวแปรของภาษาสคริปต์ จะไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องของการเรียกใช้ ตัวแปรและชนิดของตัวแปรทั้งหมดก่อนเริ่มทำงาน ดังนั้น ถ้าผู้พัฒนาโปรแกรมขาดความ ระมัดระวัง (Logic error) ในระหว่างพัฒนาโปรแกรม จะทำให้มีโอกาสเกิดความผิดพลาดจากการเรียกใช้ตัวแปรที่ไม่ได้ประกาศไว้ หรือใช้งานตัวแปรผิดประเภทได้ง่าย
3. การระบุขอบเขตของคำสั่งและตัวแปร กล่าวคือ ภาษาไพธอนไม่ได้ใช้ {...} เป็นสัญลักษณ์สำหรับกำหนด ขอบเขตของคำสั่ง หรือตัวแปรในการเขียน โปรแกรม เหมือนกับภาษาระดับสูง เช่น C/C++ และ Java แต่ใช้การย่อหน้าเพื่อบอกขอบเขตของคำสั่งและตัวแปรแทน ส่งผลให้ยากต่อการพัฒนาโปรแกรมที่มีขนาดใหญ่ และ โปรแกรมต้นฉบับมีความซับซ้อนมากๆ เช่น nested loop เพราะต้องสังเกตการย่อหน้าให้ถูกต้อง

2.6.2 ภาษา c ++

ภาษา C++ เป็นภาษาคอมพิวเตอร์เพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไป ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมได้ทั้งแบบ ออบเจกต์และการเขียนแบบปกติทั่วไป และยังมีเครื่องมืออำนวยความสะดวกในการจัดการและเข้าถึง ระดับหน่วยความจำ นอกจากนี้มันยังถูกนำไปใช้ในการเขียน โปรแกรมแบบต่างๆ มากมาย เช่น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ระบบฝังตัว (Embedded) เว็บเซิร์ฟเวอร์ การพัฒนาเกม และแอปพลิเคชันที่ ต้องการประสิทธิภาพอย่างสูง

ภาษา C++ เป็นภาษาที่ถูกออกแบบมาในการเขียน โปรแกรมระบบ ซึ่งมีประสิทธิภาพและความ ยืดหยุ่นในการออกแบบโปรแกรมสูง C++ เป็นภาษาที่ต้องคอมไพล์ก่อนที่จะนำไปใช้งาน ซึ่งสามารถ พัฒนาได้ในหลายๆแพลตฟอร์ม ซึ่งได้รับการสนับสนุน โดยองค์กรต่างๆ ที่ประกอบไปด้วย Free Software Foundation (FSF's GCC) LLVM Microsoft Intel และ IBM ภาษา C++ ถูกกำหนดให้เป็น ภาษาที่เป็นมาตรฐาน โดย International Organization for Standardization (ISO) ซึ่งเวอร์ชันล่าสุดนั้น เผยแพร่ในธันวาคม 2014 คือ ISO/IEC 14882:2014 หรือที่รู้จักกันในชื่อของ C++14 โดยที่ภาษา C++ ได้ เริ่มกำหนดมาตรฐานครั้งแรกในปี 1998 คือ ISO/IEC 14882:1998 ภาษา C++ ถูกพัฒนาโดย Bjarne Stroustrup ที่ Bell Labs ตั้งแต่ปี 1979 ซึ่งในตอนแรกเป็นส่วนขยายของภาษา C โดยที่เขาต้องการที่จะ พัฒนาภาษาที่มีประสิทธิภาพและยืดหยุ่นเหมือนกับภาษา C และยังมีคุณสมบัติใหม่ที่สูงกว่าสำหรับ พัฒนาโปรแกรม Bjarne Stroustrup นักวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ชาวเดนมาร์ก ได้สร้างภาษา C++ ขึ้นใน ปี 1979 โดยเขาเริ่มจาก "C with Classes" ซึ่งเป็นภาษาก่อนหน้าของภาษา C++ แรงจูงใจสำหรับการสร้าง ภาษาใหม่นั้นมีต้นกำเนิดมาจากประสบการณ์ในการเขียน โปรแกรมสำหรับงานวิจัยในการศึกษาระดับ ปริญญาเอกของเขา ในขณะที่ Stroustrup เริ่มต้นการทำงานที่ AT&T Bell Labs เขามีปัญหาในการ วิเคราะห์ UNIX kernel ซึ่งเกี่ยวกับ distributed computing จากการจดจำในประสบการณ์ปริญญาเอกของ เขา Stroustrup ตั้งใจว่าจะเพิ่มความสามารถให้ภาษา C กับคุณสมบัติที่เหมือนภาษา Simula เขาเลือก ภาษา C เพราะว่ามันเป็นภาษาเขียนโปรแกรมเพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไป ที่ทำงานเร็ว สะดวกใช้งานง่ายและ ใช้กันอย่างแพร่หลาย จนกระทั่งในปี 2011 มาตรฐานของ C++11 ได้ถูกเผยแพร่ โดยการเพิ่มคุณสมบัติ ใหม่เข้ามามากมาย รวมทั้งการเพิ่มเติมขนาดของไลบรารีมาตรฐาน และให้ความสะดวกแก่ โปรแกรมเมอร์ภาษา C++ เป็นอย่างมาก

2.6.2.1 ข้อดีของภาษา C++

1. ภาษา C++ จะมีการทำงานที่ค่อนข้างเร็วมากเมื่อเทียบกับภาษาอื่น และยังสามารถดำเนินการกับ Hardware ได้ โดยที่โปรแกรมภาษาบางโปรแกรมอาจจะไม่สนับสนุนคุณลักษณะนี้
2. ภาษา C++ สามารถเขียนโปรแกรมภาษา C ได้ทั้งหมด
3. สามารถทำงานได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ต่างประเภทกัน โดยอาศัยการคอมไพล์โปรแกรมใหม่
4. ภาษา C++ มีความเป็น Object Oriented Programming และยังเป็น Structure Programming ซึ่งเหมาะที่จะใช้ศึกษาเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เริ่มต้น และนอกจากนั้นถ้าหากเราจะเรียนเรื่อง Data Structure หรือ ทางด้านอัลกอริทึม ในต่างประเทศจะนิยมใช้ C++ ในการสอน รวมถึงการเรียนรู้ถึงระบบการทำงานของระบบปฏิบัติการ ตำราส่วนใหญ่ก็จะใช้ C++ ในการสอน ซึ่งถ้าเราสามารถอ่าน Source code C++ รู้เรื่องก็จะทำให้เราเรียนรู้เกี่ยวกับการเป็นโปรแกรมเมอร์ได้ง่ายขึ้น

2.6.2.2 ข้อเสียของภาษา C++

1. การตรวจสอบโปรแกรมทำได้ยาก
2. ไม่เหมาะกับการเขียนโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการออกรายงานที่มีรูปแบบซับซ้อนมาก

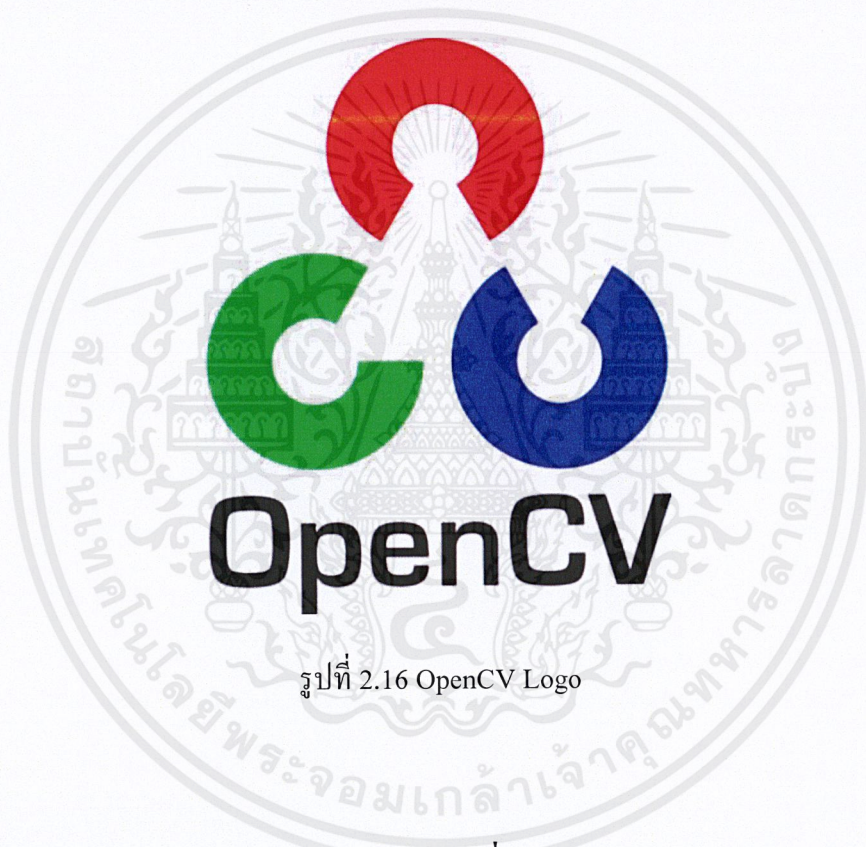
2.7 OpenCV (Open Computer Vision)

OpenCV (Open Computer Vision) คือ Libraries สำหรับ Image Processing ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Intel เพื่อส่งเสริมการพัฒนาระบบ Image Processing OpenCV จัดเป็น Library ที่ทำงานได้เร็วมากตัวหนึ่ง โดยพัฒนามาจากภาษา C++ และมีการรองรับ Python, Java และ MATLAB

OpenCV เป็นไลบรารีแบบข้ามแพลตฟอร์ม (Cross-Platform) สามารถใช้งานได้ฟรีภายใต้ลิขสิทธิ์ของ BSD แบบโอเพ่นซอร์ส (Open-Source BSD License)

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน OpenCV มีดังนี้

1. ชุดเครื่องมือคุณลักษณะ 2 มิติและ 3 มิติ (2D and 3D feature toolkits)
2. การประมาณระยะในขณะเคลื่อนที่ (Egomotion Estimation)
3. ระบบรู้จำใบหน้า (Facial recognition system)
4. การจดจำท่าทาง (Gesture recognition)
5. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ (Human-Computer interaction; HCI)



รูปที่ 2.16 OpenCV Logo

2.8 เทคนิคการเขียนซอฟต์แวร์สำหรับการตรวจจับสิ่งต่างๆ

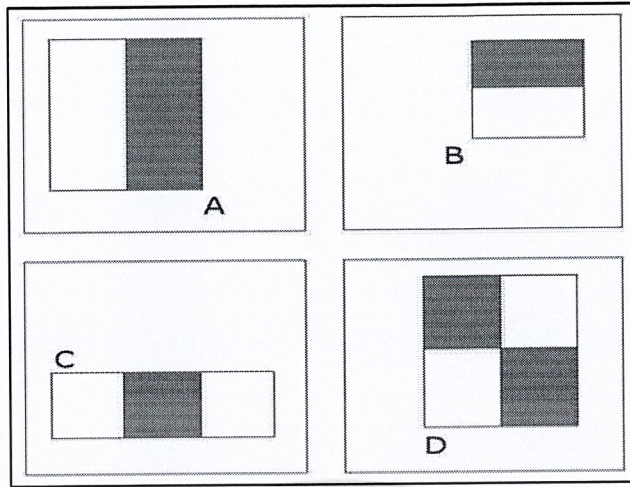
การเขียนซอฟต์แวร์เพื่อตรวจจับสิ่งต่าง ๆ นั้นสามารถทำได้โดยใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ที่กล่าวมาข้างต้น ร่วมกับ ไลบรารี (Libraries) OpenCV ที่เป็นเครื่องมือสำหรับกระบวนการ Image Processing โดยมีเทคนิคในการใช้เขียนซอฟต์แวร์ที่ใช้ตรวจจับสิ่งที่ต้องการหลายเทคนิค

2.8.1 Haar cascade

Haar cascade คือกระบวนการที่ให้ระบบเรียนรู้สิ่งที่ต้องการตรวจจับ หรือที่เรียกว่า Machine Learning ด้วยการเรียนรู้จากการวิเคราะห์รูป ซึ่งถูกแบ่งเป็นสองกลุ่ม คือรูปที่ต้องการตรวจจับ ซึ่งคือรูปที่มีแค่สิ่งที่ต้องการตรวจจับ (Positive) และอีกกลุ่มคือ กลุ่มของรูปทั่วไปที่ไม่มีสิ่งที่ต้องการให้ตรวจจับ แต่ต้องมีความเกี่ยวข้องกับรูปที่ต้องการตรวจจับ (Negative) เพื่อนำผลที่วิเคราะห์ไปทำการตรวจจับ ซึ่งพัฒนามาจากกระบวนการ Haar Like - Feature

กระบวนการ haar feature-based ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้ฟังก์ชันทำงานของกระบวนการตรวจจับ หรือแยกแยะวัตถุที่มีอยู่เดิมนั้นทำงานได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยวิธีนี้ถูกนำเสนอ โดย Paul Viola และ Michael Jones เมื่อปี 2001 ซึ่งเป็นการใช้กระบวนการ Machine Learning ตามที่ฟังก์ชัน Cascade ได้ถูกสอนผ่านการวิเคราะห์รูป ซึ่งจะแบ่งเป็นสองกลุ่มนั่นคือ กลุ่มรูปที่ถูกต้อง ซึ่งคือรูปที่ต้องการให้ถูกตรวจจับ ในรูปแบบต่าง ๆ อาจมีการตัดส่วนอื่นออกเหลือแต่ส่วนที่เราต้องการ และกลุ่มของรูปทั่วไป ที่ไม่มีสิ่งที่เราอยากจะตรวจจับอยู่ในรูปเลย แต่อาจจะมีความเกี่ยวข้องกัน วิธีที่ Paul Viola และ Michael Jones คิดค้นขึ้นมานั้นช่วยในการลดทรัพยากรและเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์และประมวลผลลงเป็นอย่างมาก โดยพวกเขาเรียกวิธีนี้ว่า “Fast computation of Haar-like features” วิธีนี้เป็นวิธีการแบ่งพื้นที่ของภาพด้วยรูปแบบสำเร็จรูป 4 แบบ ที่กำหนดจาก Haar-like feature ไว้ดังรูปที่ 2.17

จากนั้นคำนวณตารางสีที่อยู่ในพื้นที่สีดำ ในกระบวนการสร้างรูปอินทิกกรัล แล้วนำผลไปใช้ใน Adaboost ซึ่งเป็นอัลกอริทึมสำหรับการเรียนรู้แบบหนึ่ง (Adaptive Boost Learning Algorithm) และใช้ Cascading Classifiers ในการทำให้ระบบเรียนรู้ผ่าน ตัวอย่างข้อมูลที่ถูกต้องจำนวนหนึ่ง และข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องอีกจำนวนหนึ่ง เพื่อให้ระบบสามารถเรียนรู้ความแตกต่าง

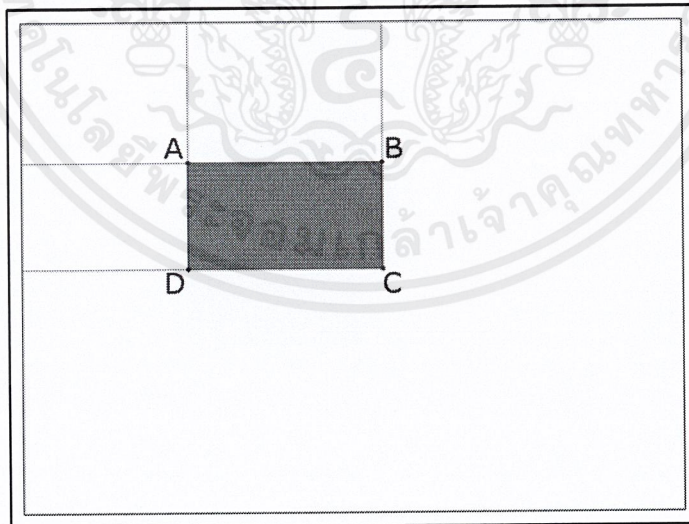


รูปที่ 2.17 แบบ Haar Like Feature 4 แบบที่ถูกเลือกใช้ (A – B – C – D)

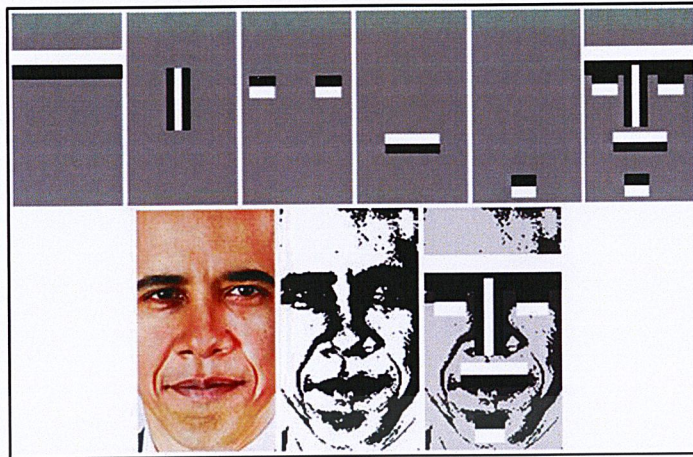
เป็นกระบวนการที่ใช้การคำนวณด้วยสมการ ดังนี้

$$sum = c + a - b - d \quad (2.1)$$

เมื่อ a, b, c, d คือพื้นที่ที่ถูกอินทิเกรต ดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 พื้นที่ที่ถูกอินทิเกรต



รูปที่ 2.19 พื้นที่ที่ถูกอินทิเกรตเพื่อหาพื้นที่ทั้งหมดที่เราต้องการ

2.8.2 กระบวนการ Background Subtraction

เทคนิคหนึ่งในกระบวนการ Image Processing ซึ่งใช้หลักการในการแยกภาพที่ต้องการตรวจจับกับภาพที่ไม่มีสิ่งที่ต้องการตรวจจับที่บริเวณเดียวกันแต่ในเวลาต่างกัน นำมาลบกันแล้วจะเกิดส่วนต่างขึ้น ซึ่งผลคือวัตถุที่เคลื่อนไหวเข้ามาในภาพ โดยกระบวนการนี้ใช้เทคนิคในการแยกพิกเซล(Pixel) ด้วยการตรวจสอบพิกเซล ณ ตำแหน่งเดียวกันว่าพบการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ซึ่งสามารถแสดงเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

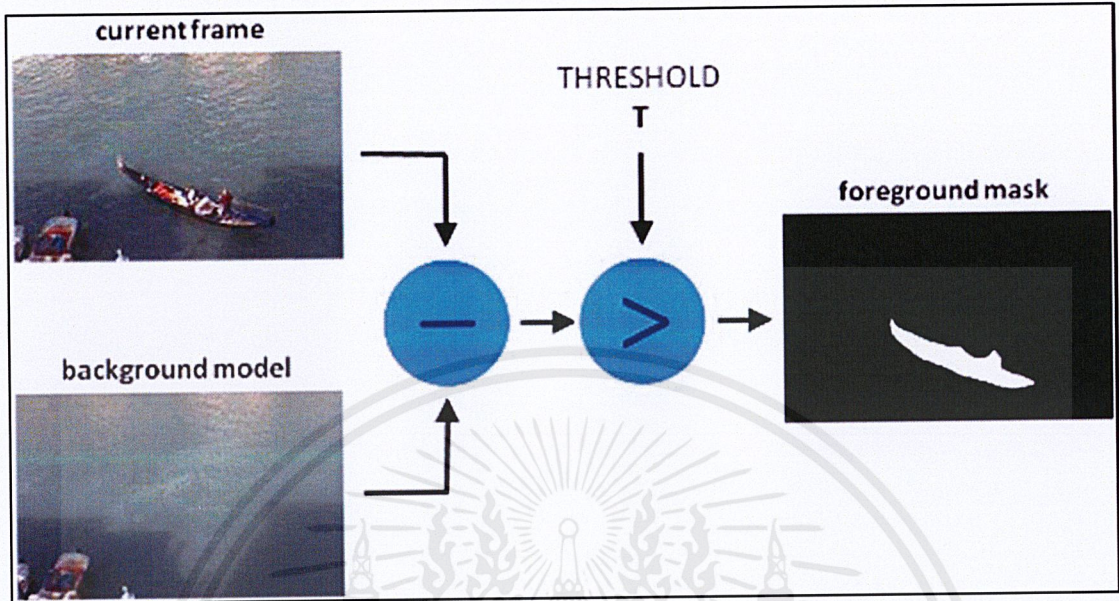
$$P[F(t)] = P[I(t)] - P[B] \quad (2.2)$$

ซึ่ง $P[I(t)]$ เป็นฟังก์ชันของพิกเซล ณ เวลาใดๆ

$P[B]$ เป็นฟังก์ชันพิกเซลที่ใช้อ้างอิง (reference) ณ ตำแหน่งเดียวกัน

ภาพพื้นหลัง (Background) จะถูกนำมาใช้พิจารณาเป็นภาพอ้างอิง ณ เวลา t ใดๆ โดยฟังก์ชัน $P[F(t)]$ จะแสดงถึงความหนาแน่นของจำนวนพิกเซลที่เปลี่ยนไป ฟังก์ชันที่ได้จะแสดงผลก็ต่อเมื่อ มีจำนวนพิกเซลเคลื่อนที่ต่างจากพิกเซลที่ใช้อ้างอิง ซึ่งเราจะเรียกความแตกต่างนี้ว่า Threshold โดยความแม่นยำจะขึ้นอยู่กับความเร็วของภาพที่เปลี่ยนไป หากภาพยังมีความเคลื่อนไหวเร็วจะพบว่า ค่า Threshold จะมีค่ามาก ดังแสดงในรูปที่ 2.20

$$|P[F(t)] - P[F(t-1)]| > Threshold \quad (2.3)$$



รูปที่ 2.20 ความแตกต่างของพิกเซล (Threshold)



รูปที่ 2.21 ส่วนต่างของภาพสองภาพ

2.8.3 Edge Detection

กระบวนการนี้คือการแยกขอบภาพออกจากพื้นหลังหรือแยกสองวัตถุออกจากกัน หรือพหุคูณอีกอย่างหนึ่งคือการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มของแสง (Intensity) ซึ่งหาได้จากกระบวนการหาอนุพันธ์ (Derivative) ซึ่งขอบภาพ (Edge) เกิดจากความแตกต่างของความเข้มแสงระหว่างพิกเซลหนึ่งกับพิกเซลข้างเคียง หากความเข้มแสงต่างกันมากขอบภาพก็จะมีค่าความชันมาก ซึ่งกระบวนการ Edge Detection คือการหาขอบของวัตถุที่อยู่ในภาพ

ซึ่งกระบวนการนี้ใช้หลักการหาความชันของค่าความเข้มแสง หากรูปไม่มีขอบภาพค่าความเข้มแสงแต่ละพิกเซลก็จะมีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้ไม่เกิดความชันซึ่งปกติความชันหาได้จาก

$$f'(x) = \frac{df}{dx}(x) \quad (2.4)$$

แต่เนื่องจากค่าความเข้มแสง ไม่ได้เป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous) เราจึงหาความชันในรูปแบบของไม่ต่อเนื่อง (Discrete) แทน ซึ่งสามารถทำได้โดย

$$\frac{df}{du}(u) \approx \frac{f(u+1)-f(u-1)}{(u+1)-(u-1)} = \frac{f(u+1)-f(u-1)}{2} \quad (2.5)$$

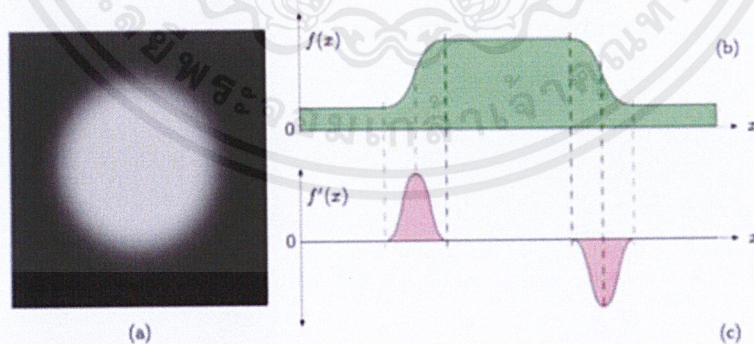
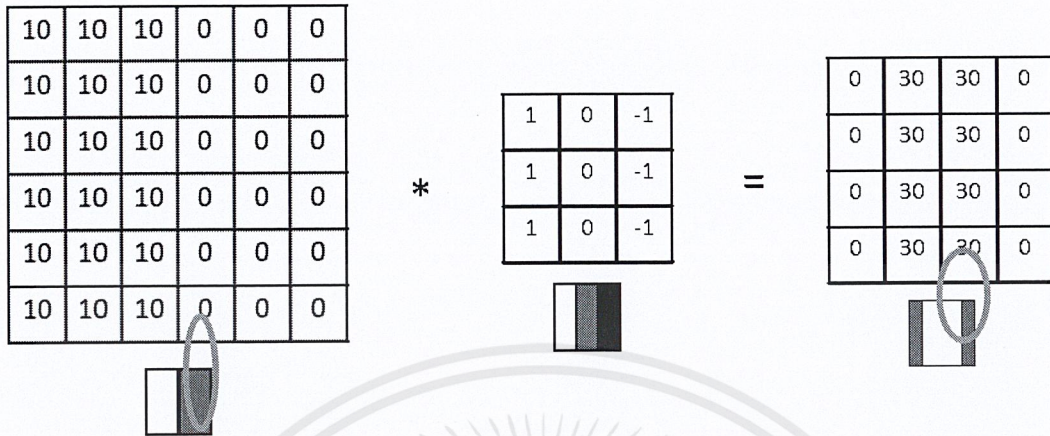


Figure 6.2 Sample image and first derivative in one dimension: original image (a), horizontal intensity profile $f(z)$ along the center image line (b), and first derivative $f'(z)$ (c).

รูปที่ 2.22 รูปตัวอย่างและการหาความชันในหนึ่งมิติ [11]

อีกวิธีหนึ่งในการใช้หาขอบภาพคือ Vertical Edge Detection เป็นการหาขอบภาพอย่างง่าย



รูปที่ 2.23 การหาขอบภาพ โดยวิธีการ Vertical Edge Detection

โดยซ้ายสุดคือภาพที่ต้องการหาขอบภาพ ภาพตรงกลางคือ Filter 3x3 ที่ใส่เข้าไปในภาพที่ต้องการหาขอบภาพ ซึ่งในภาพ Filter คอลัมน์ซ้ายสุดเป็นพิกเซลที่สว่าง และคอลัมน์ขวาสุดเป็นพิกเซลที่มืด ตามลำดับ เมื่อนำภาพที่ต้องการหาขอบภาพกับ Filter มาทำการคูณเมทริกซ์ (Convolution) จะได้ผลลัพธ์เป็นรูปทางด้านขวา ซึ่งมีลักษณะเป็นขอบหน้าต่างตรงกลาง

2.9 คุณสมบัติของวัสดุ

2.9.1 คุณสมบัติของอลูมิเนียม

ข้อดีบางประการของอลูมิเนียมคือ คุ้มค่า, ง่ายต่อการผลิต, ท่อต้านการกัดกร่อนได้ดี, ความหนาแน่นต่ำ, อัตราความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูงและความเหนียวที่ต้านการแตกหักสูงด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ อลูมิเนียมจึงเป็นหนึ่งในวัสดุที่มีผลต่อเศรษฐกิจและการทำโครงสร้างต่างๆ เมื่อสัมผัสกับอากาศ จะทำให้เกิดชั้นฟิล์มบางๆเรียกว่า อลูมิเนียมออกไซด์ อยู่ที่ชั้นผิวของอลูมิเนียม ซึ่งชั้นผิวนี้จะสามารถป้องกันการกัดกร่อน และกรดต่างๆได้ แต่สามารถป้องกันได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

อลูมิเนียมบริสุทธิ์จะมีค่าแรงดึงไม่สูงนักแต่มีคุณสมบัติเป็นตัวนำความร้อนที่ดีเยี่ยม โดยนำความร้อนได้ดีกว่าเหล็กถึงสามเท่า ด้วยคุณสมบัตินี้ทำให้อลูมิเนียมเป็นวัสดุที่มีความสำคัญกับทั้งงานที่ใช้ความเย็นและความร้อน เช่น ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (heat-exchangers) เมื่อพูดถึงอลูมิเนียมที่ไม่ผสมธาตุใดๆแล้ว อลูมิเนียมประเภทนี้จะถูกใช้อย่างกว้างขวางในการผลิตอุปกรณ์การทำอาหารและชุดเครื่องครัว อลูมิเนียมมีน้ำหนักเพียง 1 ใน 3 เท่าของเหล็ก อลูมิเนียมถือว่ามีประสิทธิภาพในการนำไฟฟ้าเพียงพอที่จะใช้ทำเป็นตัวนำไฟฟ้าได้

2.9.2 คุณสมบัติของสแตนเลส

สแตนเลส หรือชื่อในภาษาอังกฤษว่า stainless steel (เหล็กกล้าไร้สนิม) เป็นโลหะผสมเหล็กที่มีส่วนผสมของโครเมียม นิกเกิล คาร์บอน โมลิบดีนัม และธาตุอื่น ๆ แตกต่างกันไปตามคุณภาพ สแตนเลสขึ้นชื่อในเรื่องของความทนทาน และนิยมถูกใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ส่วนเหตุผลที่สแตนเลสแตกต่างจากโลหะผสมชนิดอื่นๆ เนื่องจากสแตนเลสจะต้องมีส่วนผสมหลักเป็นโครเมียมไม่น้อยกว่า 10.5% ซึ่งโครเมียมจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศทำให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ เคลือบผิวสแตนเลสไว้ ทำให้สแตนเลสมีความทนทาน ไม่เป็นสนิม และไม่ชำรุดหรือสึกกร่อนง่ายเหมือนโลหะทั่วไป โดยทั่วไปแล้วสแตนเลสมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ 1. ไม่โดนกัดกร่อนและไม่เป็นสนิม เพราะสแตนเลสมีความสามารถในการทนทานต่อ กรด ด่าง หรือสารละลาย ซึ่งความทนทานจะแตกต่างกันไปตามคุณภาพและปริมาณของโลหะที่ใช้ผสม 2. แข็งแรง ทนทาน เนื่องจากฟิล์มบาง ๆ ที่เคลือบผิวอยู่ทำให้สามารถป้องกันทั้งการกระแทกและการขีดข่วน และหากฟิล์มได้รับความเสียหายสแตนเลสก็จะทำปฏิกิริยากับอากาศเพื่อสร้างฟิล์มขึ้นใหม่ได้เอง 3. มีความต้านทานต่ออุณหภูมิ เพราะเมื่อได้รับความร้อนหรือความเย็นก็ไม่สามารถบิดงอ แตกหัก หรือเปลี่ยนรูป นอกจากนี้ยังมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนอุณหภูมิแบบฉับพลันได้ เป็นต้น

2.9.3 คุณสมบัติของเหล็ก

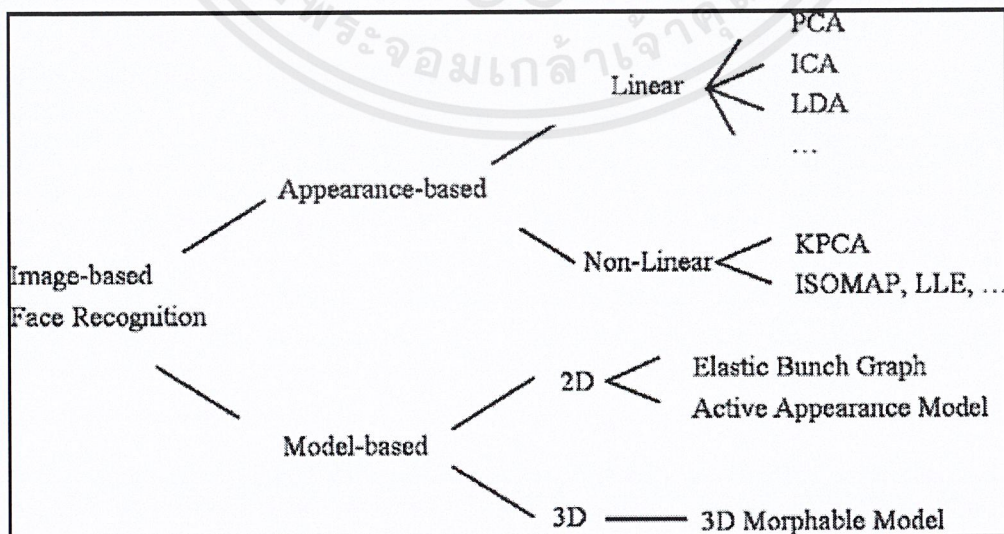
เหล็กเป็นโลหะสีเงินสีขาวหรือสีเทา เป็นเงา ในขณะที่ทำการหล่อสามารถใช้ก้อนทุบเป็นแผ่นบางๆได้ และยังสามารถยืดได้ เหล็กมีความต้านทานแรงดึงสูงมาก อีกทั้งยังนำไฟฟ้า นำความร้อนได้ดีอีกด้วยและยังสามารถใช้ประโยชน์ต่างๆได้มากมาย แต่คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของเหล็กนั้นคือสามารถหล่อแล้วขึ้นรูปใหม่ได้และยังมีความทนทานที่ยืดหยุ่น นอกจากนี้เหล็กสามารถใช้ในการ โค้ง งอ ม้วน คัดเป็นรูปร่างรูปแบบและอื่นๆ เพื่อนำมาประดิษฐ์เป็นสิ่งของที่เรานำมาใช้ในชีวิตประจำวัน หรือนำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมได้ แต่หนึ่งในข้อดีที่สำคัญของเหล็กคือ การเกิดสนิม เนื่องจากได้รับปฏิกิริยาเคมีที่มีอากาศ น้ำ หรือความร้อนเป็นตัวการสำคัญทำให้โลหะมีคุณสมบัติแตกต่างไปจากเดิม เช่น สีที่เปลี่ยนไป มีความแข็งแรงลดลง และทำให้เกิดการผุกร่อน

2.9.4 คุณสมบัติของซูเปอร์ลีน

ซูเปอร์ลีน (SUPERLENE NYLON) คือ พลาสติกวิศวกรรมชนิดหนึ่ง มีลักษณะทางกายภาพเป็นวัสดุทึบแสง มีสีขาวค่อนข้างใส คุณสมบัติที่สำคัญ คือ มีความแข็งแรง เหนียว ไม่เสียรูปทรงง่าย เหมาะสำหรับงานรับแรงมากๆ ทนต่อการกัดกร่อน แรงกระแทกและทนต่อการเสียดสี แต่ไม่ทนต่อสารเคมีเป็นกรดเข้มข้น อีกทั้งซูเปอร์ลีนมีน้ำหนักที่ค่อนข้างเบาทำให้ซูเปอร์ลีนถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในงานต่างๆ เช่น ใช้ในการทำเบรค บูช เฟือง ลูกล้อ ลูกกลิ้ง เป็นต้น

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

K .H. Wanjale, Amit Bhoomkar, Ajay Kulkarni, Somnath Gosavi. [8] ได้ทำการศึกษาการตรวจจับใบหน้าและระบบการตรวจจับแบบมีข้อมูลเป็นวิดีโอแบบ Realtime เนื่องจากในยุคปัจจุบันใบหน้าของผู้คนทั่วไปถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลอย่างแพร่หลาย อย่างเช่น ในรูปแบบใบหน้านับัตรประชาชน ดังนั้นจึงเป็นความเหมาะสมที่จะศึกษาและยอมรับการใช้ระบบกึ่งอัตโนมัติที่จะระบุลักษณะใบหน้าเพื่อความปลอดภัยและเป็นข้อมูลอ้างอิง เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องมือต่างๆ ซึ่งศึกษาการตรวจจับใบหน้าโดยใช้หลักการ Haar Cascade Classifier

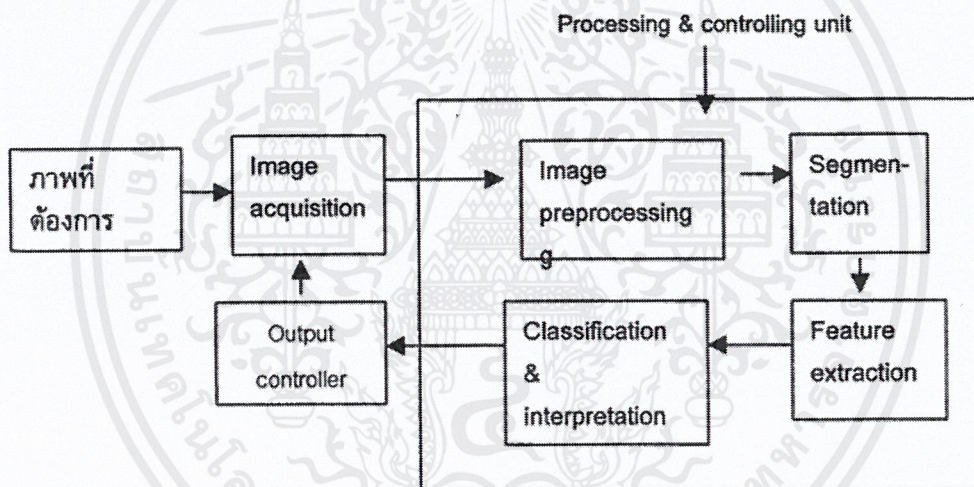


รูปที่ 2.24 Classification of Face Recognition Methods

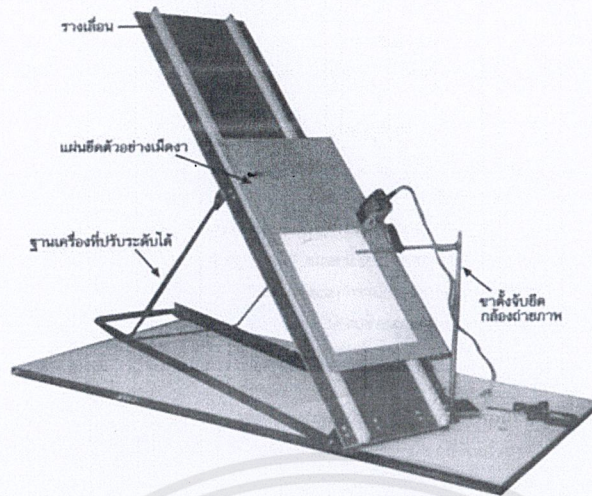
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและรูปร่างอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลักการตรวจจับใบหน้าดังรูปที่ 2.24 ในการตรวจจับใบหน้าได้ทำการตรวจจับใบหน้าด้วยการใช้เทคนิค Haar Cascade ซึ่งมาจากหลักการ Haar-Like Features โดยการรับรู้ลักษณะใบหน้าใช้เทคนิค PCA ซึ่งให้ผลลัพธ์ในการตรวจจับที่ดี และการตรวจสอบและการรับรู้ขั้นตอนทั้งหมดจะดำเนินการด้วยความช่วยเหลือของอัลกอริทึมการจับคู่ใบหน้าชื่อ Graph Matching algorithm

สมโชติ รัตนผุดิกุล [2] ได้ทำการศึกษาระบบการตรวจจับเมล็ดงาสีดำหรือสีน้ำตาลที่ปะปนอยู่ในกระบวนการการผลิตงา โดยระบบจะใช้หลักการการประมวลผลภาพ (Image Processing) จากการสร้างชุดทดสอบด้วยกล้องถ่ายภาพชนิด CCD เพื่อตรวจจับเมล็ดงาสีดำหรือสีน้ำตาลขณะเคลื่อนที่และหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการทำงาน



รูปที่ 2.25 The generic model of image processing system



รูปที่ 2.26 The testing equipment for sensing system

สม โชติ รัตนพุดธิกุล [2] ได้อธิบายไว้ว่า การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ 1.การทดสอบที่เมล็ดงาไม่มีการเคลื่อนที่ เพื่อหาค่าความไว (Sensitivity) เป็นการทดสอบในแนวราบหลังจากทำการบันทึกภาพอ้างอิง (Image Registration) ที่เป็นภาพเมล็ดงาขาวทั้งหมดให้กับระบบเพื่อเป็นภาพต้นแบบให้กับระบบ

จากการทดลองผลลัพธ์ที่ได้ คือ ระบบมีความไวในการตรวจจับเมื่อมีเมล็ดงาดำปะปนในขนาดตั้งแต่ 0.5 มิลลิเมตรขึ้นไป ใช้เวลาในการประมวลผล (Process Time) 0.076 วินาที/ภาพ ระบบตรวจจับสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องในระดับความเชื่อมั่นมากกว่าร้อยละ 90

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

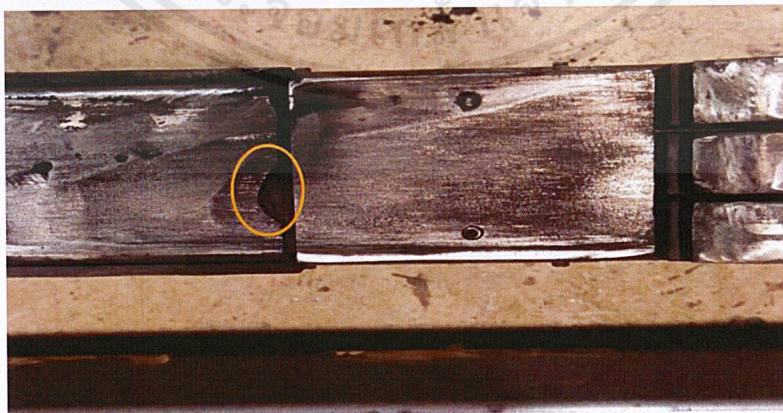
เครื่องตรวจจับรอยความเสียหายของรางที่สาม เป็นเครื่องมือที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตรวจจับรอยความเสียหายที่เกิดขึ้นบนผิวของรางที่สาม โดยใช้การประมวลผลภาพ (Image Processing) ซึ่งใช้กล้องจับภาพติดตั้งเข้ากับรถเข็นบนราง (Trolley)

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการดำเนินงานในการออกแบบ จัดทำ และติดตั้งอุปกรณ์การตรวจจับความเสียหายของรางที่สาม ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. ออกแบบและจัดทำอุปกรณ์การตรวจจับความเสียหายของรางที่สาม
2. ติดตั้งอุปกรณ์การตรวจจับความเสียหายของรางที่สาม
3. ทดลองใช้งานอุปกรณ์การตรวจจับความเสียหายของรางที่สาม

3.1 แนวคิดในการออกแบบซอฟต์แวร์ (Software)

จากการสำรวจและเก็บข้อมูลรอยความเสียหายที่เกิดขึ้นบนรางที่สาม พบว่ามีรอยความเสียหายอยู่ 2 แบบ ได้แก่ 1. รอยความเสียหายที่เกิดบริเวณรอยต่อเพื่อขยาย (Expansion Joint) 2. รอยความเสียหายที่เกิดบริเวณปลายรางที่สาม (Ramp) จากการขอบเขตการศึกษาที่กำหนดให้ศึกษาเฉพาะรอยความเสียหายที่เกิดขึ้นที่บริเวณรอยต่อเพื่อขยาย (Expansion Joint) ดังแสดงในรูปที่ 3.1 เท่านั้น



รูปที่ 3.1 รอยความเสียหายบริเวณรอยต่อเพื่อขยาย (Expansion Joint)

ในการปฏิบัติงานจริง การทำงานที่เกี่ยวกับรางที่สามมีความอันตรายเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากรางที่สามเป็นรางจ่ายไฟที่มีกระแสไฟแรงดันไฟฟ้าสูง จึงมีแนวคิดในการใช้การตรวจจับโดยวิธีการประมวลผลด้วยภาพ ซึ่งเป็นวิธีที่เครื่องมือตรวจจับไม่ต้องสัมผัสกับรางที่สาม ซึ่งเป็นวิธีที่ต้นทุนที่ใช้ในการทำต่ำกว่าการใช้เซนเซอร์เพราะอุปกรณ์สามารถหาได้ง่ายและมีราคาไม่สูงมาก

3.1.1 การออกแบบซอฟต์แวร์การประมวลผลภาพ

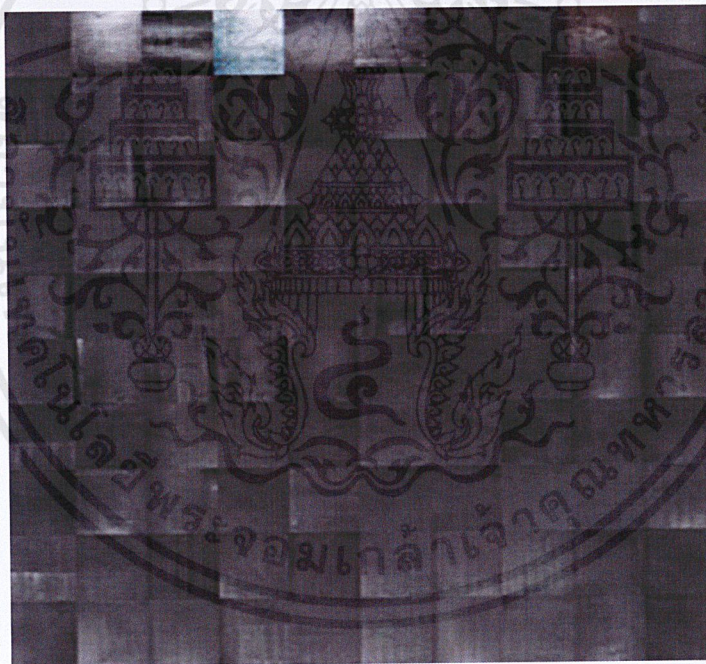
แนวคิดในการออกแบบมาจากระบบตรวจจับวัตถุด้วยกล้อง โดยเปลี่ยนจากการตรวจจับวัตถุ เช่น ใบหน้ามนุษย์ รถยนต์ ฯ มาเป็นการตรวจจับรอยความเสียหายบนผิวของรางจ่ายไฟ ซึ่งใช้ภาษาไพธอน (Python) ในการออกแบบพัฒนาร่วมกับชุดเครื่องมือ OpenCV ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการประมวลผลภาพ (Image Processing)

ซึ่งเทคนิคการประมวลผลภาพที่เลือกใช้คือ เทคนิค Haar Cascade ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการปฏิบัติงาน เนื่องจากรางที่สามในอุโมงค์เดินรถมีรอยที่เกิดจากการใช้งานเป็นจำนวนมาก ซึ่งไม่เหมาะสมกับเทคนิค Edge Detection ที่ใช้กับรอยความเสียหายที่มีปริมาณน้อยและมีความแตกต่างระหว่างพื้นที่ที่เป็นรอยความเสียหายกับพื้นที่ทั่วไปอย่างชัดเจน นอกจากนี้รอยความเสียหายที่เราต้องการตรวจจับนั้นไม่มีตำแหน่งที่แน่นอน ทำให้การใช้เทคนิค Background Subtraction ที่จำเป็นต้องกำหนดพื้นที่ในการตรวจจับที่แน่นอนนั้นทำได้ยาก

เทคนิคการออกแบบที่นำมาใช้งานคือเทคนิคการตรวจจับรอยความเสียหายของรางที่สามด้วยฟังก์ชัน Haar Cascade เป็นฟังก์ชันการทำงานที่ทำให้ตัวประมวลผลรู้จักกับรอยความเสียหายของรางที่สาม โดยวิธีการที่ทำให้รู้จักกับรอยความเสียหายของรางที่สามคือการนำภาพรอยความเสียหายของรางที่สามมาจำนวนหนึ่ง และแบ่งภาพออกเป็นสองส่วนคือ ภาพ Positive (ดังรูปที่3.2) เป็นภาพที่มีเฉพาะส่วนที่เป็นรอยความเสียหายของรางที่สามเพียงอย่างเดียว และภาพ Negative (ดังรูปที่3.3) เป็นภาพเป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับรูปที่มีรอยความเสียหายของรางที่สาม ซึ่งเป็นภาพที่ไม่ต้องการให้ระบบประมวลผลตรวจจับ เช่น พื้นผิวที่ไม่มีรอยความเสียหายของรางที่สาม

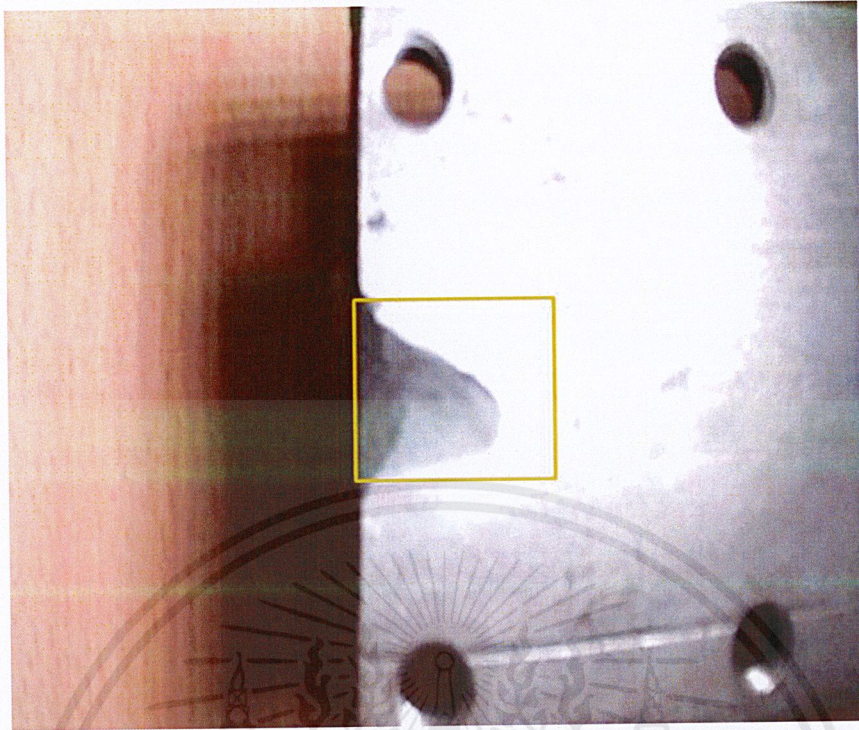


รูปที่ 3.2 รูปภาพเฉพาะส่วนรอยความเสียหายของรางที่สาม (Positive)



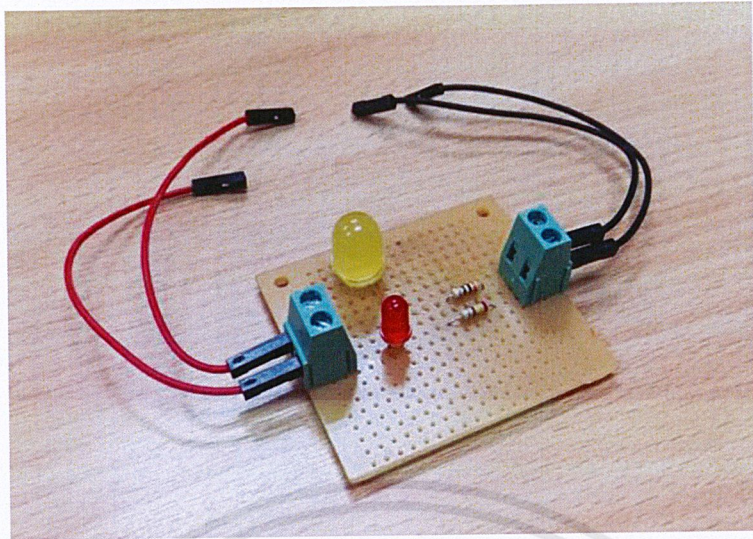
รูปที่ 3.3 รูปภาพส่วนที่ไม่มีรอยความเสียหายของรางที่สาม (Negative)

เมื่อระบบประมวลผลเจอรอยความเสียหายของรางที่สาม ระบบจะประมวลผลว่าส่วนไหนของภาพเป็นภาพ Positive และส่วนไหนเป็นภาพ Negative จากนั้นระบบจะตรวจจับเฉพาะส่วนที่เป็นภาพ Positive นั่นก็คือภาพรอยความเสียหายของรางที่สาม ดังรูปที่ 3.4 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



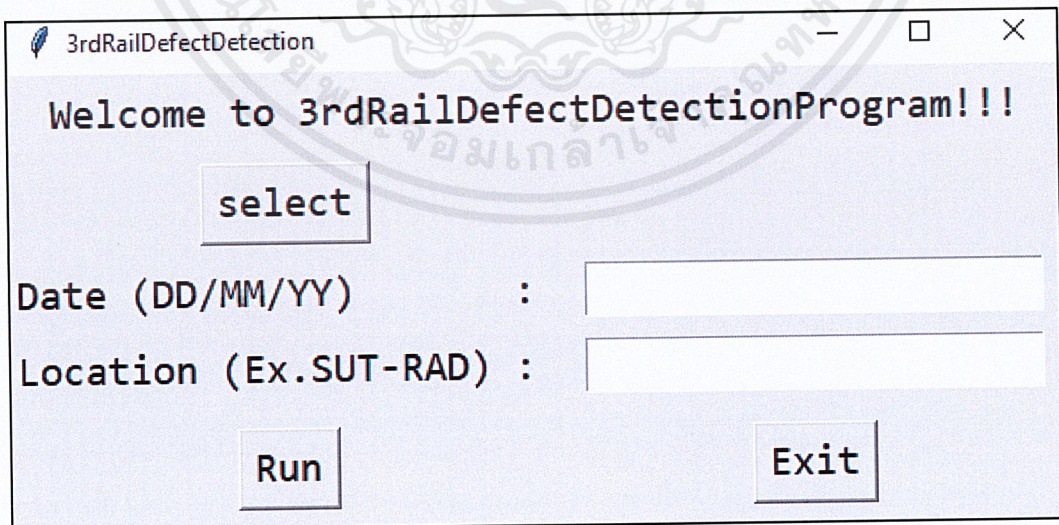
รูปที่ 3.4 การตรวจพบรอยความเสียหายบนรางที่สาม

จากกระบวนการที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อโปรแกรมเริ่มต้นการทำงานจะส่งสัญญาณไฟ LED สีแดง เพื่อบ่งบอกว่าโปรแกรมกำลังทำงานอยู่ในขณะที่ระบบกำลังประมวลผลเพื่อตรวจจברอยความเสียหายของรางที่สามจะทำการบันทึกวิดีโอไปด้วย เมื่อระบบตรวจจברอบความเสียหายของรางที่สามตรวจพบรอยความเสียหายแล้ว จะทำการส่งสัญญาณที่ไฟแจ้งเตือน ซึ่งในการการออกแบบชุดทดลองต้นแบบได้นำหลอดไฟ LED มาใช้เป็นไฟในการส่งสัญญาณไฟแจ้งเตือน ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 หลอดไฟ LED แจ็งเดือน

หลังจากกระบวนการข้างต้นเมื่อทำการตรวจจับเพื่อหารอยความเสียหายของรางที่สามจนจบกระบวนการแล้วนำไฟล์วิดีโอที่บันทึกระหว่างการตรวจจับรอยความเสียหายของรางที่สามมาใส่ในโปรแกรม Capturedefectvideo ซึ่งสร้างมาจากโค้ดชุดเดียวกันกับที่ใช้ประมวลผลตรวจจับรอยความเสียหายของรางที่สาม เพื่อดึงรูปภาพที่ตรวจจับรอยความเสียหายของรางที่สามออกมา ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 โปรแกรมดึงรูปภาพที่ถูกตรวจจับ

3.2 ขั้นตอนการสร้างและออกแบบระบบโปรแกรม (Software)

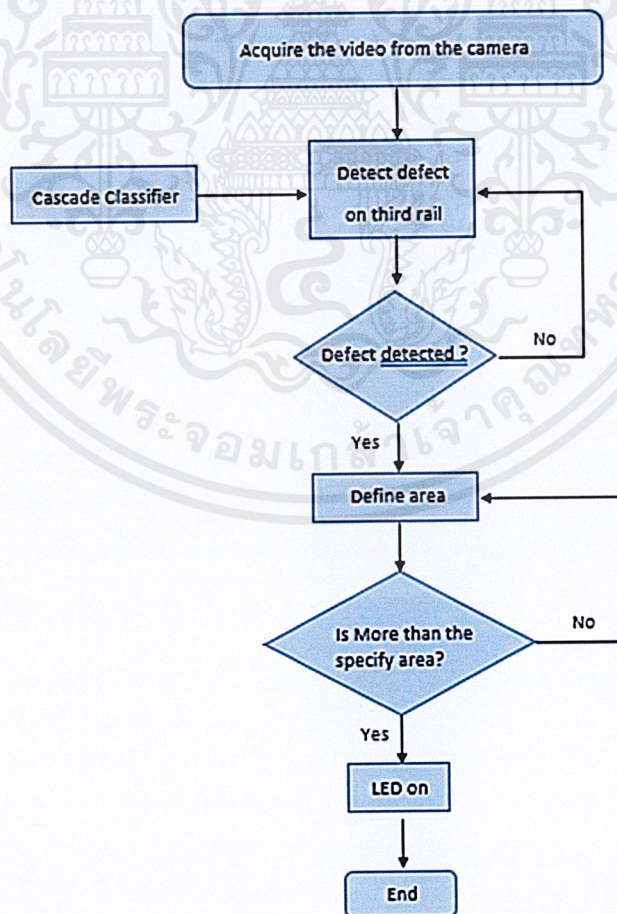
3.2.1 ศึกษาภาษาที่ใช้ในการออกแบบซอฟต์แวร์

ในการออกแบบโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์เลือกใช้ภาษาไพธอน (Python) ในการทำงานเนื่องจากเปรียบเทียบกับ C++ และ C# แล้วสรุปได้ดังนี้

1. ภาษาไพธอนมีภาษาที่สวยงาม และเรียนรู้ได้ง่ายกว่า C++ และ C# เนื่องจากเป็นภาษาที่ไม่ซับซ้อน
2. ภาษาไพธอนเหมาะกับผู้ที่เริ่มต้นเขียน โปรแกรม เนื่องจากภาษาไม่ซับซ้อน
3. ภาษาไพธอนสามารถติดตั้งไลบรารี OpenCV ซึ่งเป็นฟังก์ชันชุดคำสั่งที่เกี่ยวกับการประมวลผลภาพได้

3.2.2 ออกแบบขั้นตอนดำเนินงานของโปรแกรม (Process Of Program)

ออกแบบขั้นตอนการทำงานของซอฟต์แวร์พร้อมทั้งเขียน Flowchart ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 Flowchart ขั้นตอนดำเนินงานของโปรแกรม

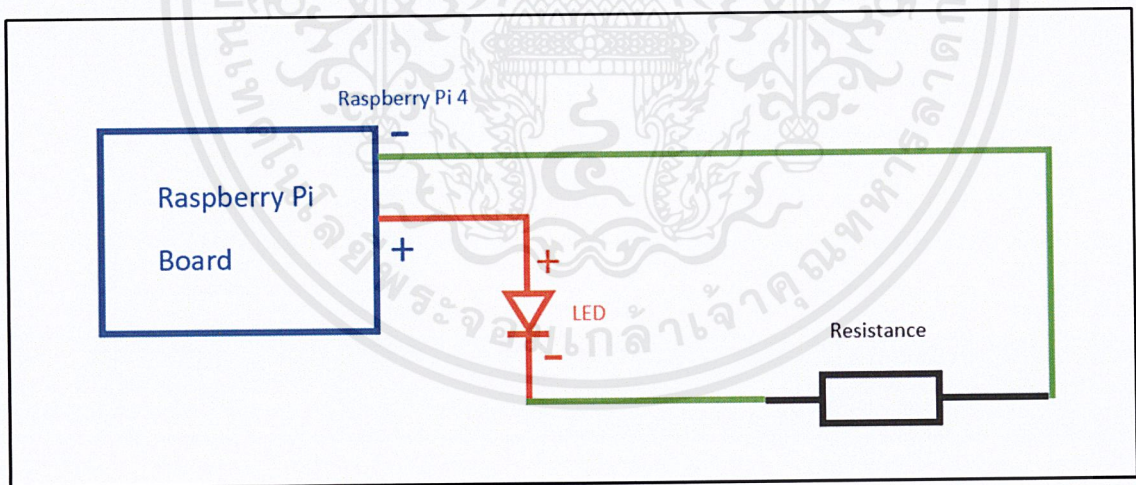
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 จอ Waveshare 3.5 inch LCD (B)

3.2.3.2 ขั้นตอนการต่อวงจรหลอดไฟ LED และจอ LCD

ทำการต่อหลอดไฟ LED ตามวงจรดังรูปที่ 3.10

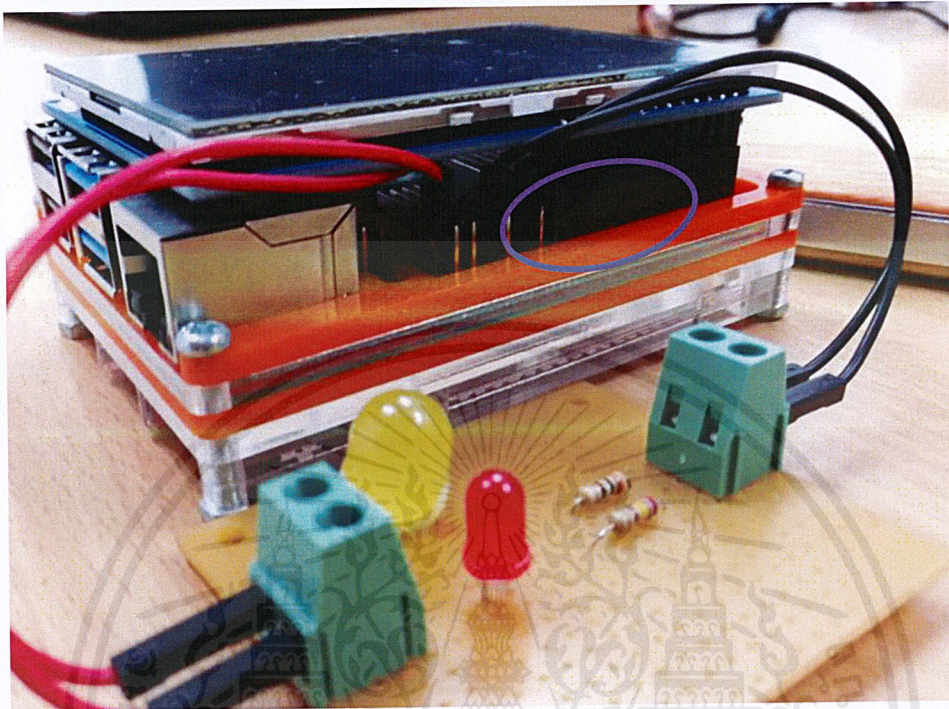


รูปที่ 3.10 วงจรหลอดไฟ LED

ไฟ LED สีเหลือง ขั้วบวกต่อเข้ากับ Pin No.37(BCM 26) ของ Raspberry Pi ซึ่งเป็น port จ่ายไฟแบบ On-Off Mode BCM ขั้วลบต่อเข้ากับ Pin No.30 ซึ่งเป็น Ground สำหรับไฟ LED สีแดงก็ต่อเช่นเดียวกัน ซึ่งขั้วบวกต่อเข้า Pin No.40(BCM21) และขั้วลบต่อเข้ากับ Pin No.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการต่อจอ LCD โดยใช้จอ Waveshare 3.5 inch LCD (B) ดังรูปที่ 3.11 ซึ่งเชื่อมต่อกับ Raspberry Pi ทางพอร์ต GPIO ตั้งแต่ No.1 จนถึง No.26



รูปที่ 3.11 การต่อจอ Waveshare 3.5 inch LCD (B)

3.2.3.3 เตรียมโปรแกรม (Software) ที่ใช้ในการทำงาน

ติดตั้งระบบปฏิบัติการ OS (Operating System) ลงในบอร์ด Raspberry Pi 4 Model B ซึ่งระบบปฏิบัติการที่ใช้สำหรับติดตั้งบนบอร์ด Raspberry Pi คือ ระบบปฏิบัติการ Raspbian ซึ่งขั้นตอนการติดตั้งระบบปฏิบัติการ Raspbian อยู่ในภาคผนวก ก

3.2.4 ขั้นตอนการเขียนโค้ด การทดสอบและอธิบายโค้ด (Coding) Haar Cascade

```
1 #1
2 import cv2
3 import time
4 import RPi.GPIO as GPIO
5
6 #2
7 defect_cascade = cv2.CascadeClassifier('cascade.xml')
8 vidcap = cv2.VideoCapture(0)
9 start_time = time.time()
10
11 #3
12 out = cv2.VideoWriter('/media/pi/DefectDetection/DefectedVideo.avi',cv2.VideoWriter_fourcc('XVID'), 30, (640,480))
13 GPIO.setmode(GPIO.BCM)
14 GPIO.setup(26,GPIO.OUT)
15 GPIO.setup(21,GPIO.OUT)
16 GPIO.output(21,GPIO.HIGH)
17
18 #4
19 while vidcap.isOpened():
20     ret, image = vidcap.read()
21     gray = cv2.cvtColor(image,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
22     Defect = defect_cascade.detectMultiScale(gray, 2, 20)
23     e = int(time.time() - start_time)
24     cv2.putText(image, '{:02d}:{:02d}:{:02d}'.format(e // 3600, (e % 3600 // 60), e % 60), (700, 20), cv2.FONT_HERSHEY_DUPLEX, 0.7, (204, 51, 0), 1)
25
```

รูปที่ 3.12 โค้ดทั้งหมด ชุดที่ 1

```
26 #5
27 if ret==True:
28     out.write(image)
29     for (x, y, w, h) in Defect:
30         area = w * h
31         if area >= 6300:
32             cv2.rectangle(image, (x, y), (x + w, y + h), (0, 220, 225), 2)
33             GPIO.output(26,GPIO.HIGH)
34             time.sleep(1)
35         else:
36             GPIO.output(26,GPIO.LOW)
37
38
39 cv2.imshow('Defect', image)
40 if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
41     break
42 else:
43     break
44
45 #6
46 GPIO.cleanup()
47 out.release()
48 vidcap.release()
49 cv2.destroyAllWindows()
```

รูปที่ 3.13 โค้ดทั้งหมด ชุดที่ 2

```
1 #1
2 import cv2
3 import time
4 import RPi.GPIO as GPIO
5
```

รูปที่ 3.14 อธิบายโค้ด Haar Cascade ชุดที่ 1

ส่วนที่ 1 ของโค้ด Haar Cascade ดังรูปที่ 3.14 ในบรรทัดที่ 1 ถึง 3 เป็นการนำเข้า Library ที่จำเป็นสำหรับตัวโปรแกรม ซึ่งส่วนหลัก ที่สำคัญของโปรแกรมคือ

1. Import cv2 คือ ชุดคำสั่งของ OpenCV ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในกระบวนการ Image Processing ที่เป็นหัวใจหลักของโปรแกรม
2. Import time คือ Library ในการดึงข้อมูลเวลามาใช้งานในโปรแกรม
3. Import RPi.GPIO as GPIO คือ ชุดคำสั่งที่ใช้ควบคุมช่องสัญญาณ GPIO ซึ่งเป็นช่องสัญญาณที่ใช้ควบคุมการทำงานของหลอด LED

```
6 #2
7 defect_cascade = cv2.CascadeClassifier('cascade.xml')
8 vidcap = cv2.VideoCapture(0)
9 start_time = time.time()
```

รูปที่ 3.15 อธิบายโค้ด Haar Cascade ชุดที่ 2

ส่วนที่ 2 ดังรูปที่ 3.15 ในบรรทัดที่ 7 เป็นการเรียกใช้งานไฟล์ cascade ซึ่งเป็นไฟล์สำเร็จรูปที่ใช้ในการแยกแยะรูปภาพและตรวจจับภาพที่ต้องการ โดยตั้งชื่อว่า “cascade.xml” บรรทัดที่ 8 เป็นคำสั่งรับภาพจากกล้องที่ติดตั้งกับบอร์ด และบรรทัดที่ 9 เป็นการใช้งานฟังก์ชันเวลาซึ่งเป็นการกำหนดเวลาเริ่มต้น

```
10 #3
11 out = cv2.VideoWriter('/media/pi/DefectDetection/DetectedVideo.avi',cv2.VideoWriter_fourcc(*'XVID'), 30, (640,480))
12 GPIO.setmode(GPIO.BCM)
13 GPIO.setup(26,GPIO.OUT)
14 GPIO.setup(21,GPIO.OUT)
15 GPIO.output(21,GPIO.HIGH)
16
```

รูปที่ 3.16 อธิบายโค้ด Haar Cascade ชุดที่ 3

ส่วนที่ 3 ดังรูปที่ 3.16 ในบรรทัดที่ 11 จะเป็นการเรียกใช้งานชุดคำสั่งการบันทึกวิดีโอของภาพที่มาจากกล้องโดยคำสั่งในบรรทัดที่ 8 จากบรรทัดที่ 12 ถึง 15 จะเป็นการเรียกใช้งานชุดคำสั่งที่ใช้ควบคุมช่องสัญญาณ GPIO Pins โดยที่บรรทัดที่ 12 – 14 เป็นการตั้งค่าช่องสัญญาณที่จะใช้งาน โดยตั้งค่าเป็นโมด BCM และตั้งค่าเลือกใช้ช่องสัญญาณที่ BCM 26 และ BCM 21 ในบรรทัดที่ 15 เป็นการจ่ายไฟให้กับช่องสัญญาณ BCM 21

```

17 #4
18
19 while vidcap.isOpened():
20     ret, image = vidcap.read()
21     gray = cv2.cvtColor(image,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
22     Defect = defect_cascade.detectMultiScale(gray, 2, 20)
23     e = int(time.time() - start_time)
24     cv2.putText(image, '{:02d}:{:02d}:{:02d}'.format(e // 3600, (e % 3600 // 60), e % 60), (700, 20), cv2.FONT_HERSHEY_DUPLEX, 0.7, (284, 51, 0), 1)

```

รูปที่ 3.17 อธิบายโค้ด Haar Cascade ชุดที่ 4

ส่วนที่ 4 ดังรูปที่ 3.17 เป็นการเปิดการทำงานวนลูปโดยใช้คำสั่ง while เงื่อนไขคือขณะที่วิดีโอเปิดอยู่ บรรทัดที่ 20 เป็นการนำภาพจากกล้องเข้ามาในการทำงานวนลูป บรรทัดที่ 21 เป็นการเปลี่ยนภาพสีที่ได้รับมาจากกล้องเป็นภาพขาวดำเพื่อช่วยในการลดการประมวลผล ในบรรทัดที่ 22 เป็นคำสั่งในการตรวจจับภาพ Positive บรรทัดที่ 23 เป็นสมการในการหาค่าเวลาที่ผ่านไป โดยนำค่าที่ได้ไปแสดงในภาพวิดีโอโดยคำสั่ง cv2.PutText ในบรรทัดที่ 24

```

26 #5
27 if ret==True:
28     out.write(image)
29     for (x, y, w, h) in Defect:
30         area = w * h
31         if area >= 6300:
32             cv2.rectangle(image, (x, y), (x + w, y + h), (0, 220, 225), 2)
33             GPIO.output(26,GPIO.HIGH)
34             time.sleep(1)
35         else:
36             GPIO.output(26,GPIO.LOW)
37
38
39     cv2.imshow('Defect', image)
40     if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
41         break
42 else:
43     break

```

รูปที่ 3.18 อธิบายโค้ด Haar Cascade ชุดที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 5 ดังรูปที่ 3.18 ทำการตรวจจับ บันทึกรหัสวีดีโอและแสดงพื้นที่ที่กรอบสี่เหลี่ยม ในการทำงาน
วนลูบขณะที่วีดีโอเปิดอยู่ โดยบรรทัดที่ 28 เป็นการบันทึกวีดีโอจากกล้องโดยที่ไม่มีการตรวจจับภาพ
Positive บรรทัดที่ 29 – 35 เป็นการทำงานวนลูบเพื่อแสดงกรอบพื้นที่สี่เหลี่ยมของการตรวจจับภาพ โดย
การสร้างพื้นที่ที่กรอบสี่เหลี่ยมได้สร้างเงื่อนไขว่าให้แสดงกรอบพื้นที่สี่เหลี่ยมเมื่อภาพที่ถูกตรวจจับมีพื้นที่
มากกว่า 6300 ตารางพิกเซล ขึ้นไป บรรทัดที่ 33 เป็นการใช้คำสั่ง GPIO จ่ายไฟให้ช่องสัญญาณ BCM 26
ให้หลอดไฟ LED สีเหลืองติดเพื่อแจ้งเตือนซึ่งหน่วงเวลาค้างไว้ 1 วินาที บรรทัดที่ 37 – 38 เป็นการใช้
ชุดคำสั่งแสดงหน้าจอและกดปุ่ม “q” เพื่อออกจากการทำงาน

```
42 #6
43 GPIO.cleanup()
44 out.release()
45 vidcap.release()
46 cv2.destroyAllWindows()
```

รูปที่ 3.19 อธิบายโค้ด Haar Cascade ชุดที่ 6

ส่วนที่ 6 ดังรูปที่ 3.19 เป็นส่วนสุดท้ายของโปรแกรมซึ่งออกจากการทำงานวนลูบข้างต้นแล้ว
โดยบรรทัดที่ 43 เป็นการเคลียร์ช่องสัญญาณ GPIO ต่างๆให้อยู่ในสภาพเดิม บรรทัดที่ 44 – 45 เป็นการ
จัดการไฟล์ภาพหรือวีดีโอหลังจากจบการทำงาน และบรรทัดที่ 46 เป็นการปิดหน้าต่างทุกอย่างหลังเสร็จ
สิ้นการทำงาน

3.2.5 การทดสอบ, อธิบายโค้ดโปรแกรมดึงภาพที่ตรวจจับภาพรอยความเสียหายของรางที่สาม

```
1 #1
2 import cv2
3 from tkinter import *
4 from tkinter import filedialog
5 #2
6 class Application(Frame):
7     def __init__(self, master):
8         Frame.__init__(self, master)
9         self.grid()
10        self.create_widgets()
11    def create_widgets(self):
12        self.f1 = Frame(self)
13        self.f1.grid(row=0, column=0, rowspan=1, columnspan=2)
14        self.f2 = Frame(self)
15        self.f2.grid(row=1, column=0)
16        self.toplabel = Label(self.f1, text="Welcome to 3rdRailDefectDetectionProgram!!!")
17        self.toplabel.grid(row=0, column=0, pady=5)
18        self.select_button = Button(self.f2, text="select", command=self.selectbutton)
19        self.select_button.grid(row=1, column=0, pady=5)
20        self.l1 = Label(self.f2, text="Date (DD/MM/YY)      : ")
21        self.l1.grid(row=2, column=0)
22        self.l2 = Label(self.f2, text="Location (Ex.SUT-RAD) : ")
23        self.l2.grid(row=3, column=0)
24        self.e1 = Entry(self.f2, width=20)
25        self.e1.grid(row=2, column=1, padx=10, pady=5)
26        self.e2 = Entry(self.f2, width=20)
27        self.e2.grid(row=3, column=1, pady=5)
28        self.runbutton = Button(self.f2, text="Run", command=self.Runbutton)
29        self.runbutton.grid(row=4, column=0, pady=10)
```

รูปที่ 3.20 โค้ดโปรแกรมดึงภาพ ชุดที่ 1

```
36 #3
37 def selectbutton(self):
38     self.filevideo=filedialog.askopenfilename()
39 #4
40 def Runbutton(self):
41     vidcap = cv2.VideoCapture(self.filevideo)
42     defect_cascade = cv2.CascadeClassifier('cascade.xml')
43     count = 0
44     while vidcap.isOpened():
45         ret, image = vidcap.read()
46         if ret == False:
47             break
48         gray = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
49         Defect = defect_cascade.detectMultiScale(gray, 2, 20)
50         cv2.putText(image, "Date : "+self.e1.get(), (0, 20), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.5, (80, 80, 225), 1)
51         cv2.putText(image, "Location : "+self.e2.get(), (250, 20), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.5, (0, 153, 225), 1)
52         #cv2.putText(image, "Part of Video : "+self.e3.get(), (495, 20), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.5, (204, 51, 0), 1)
53         for (x, y, w, h) in Defect:
54             area = w * h
55             if area >= 6300:
56                 cv2.rectangle(image, (x, y), (x + w, y + h), (0, 220, 225), 2)
57                 cv2.imwrite("frame%d.jpg" % count, image)
58                 count += 1
59
60     cv2.imshow('Defect', image)
61     if cv2.waitKey(1) == 27:
62         break
```

รูปที่ 3.21 โค้ดโปรแกรมดึงภาพ ชุดที่ 2

```

60 #5
61 cv2.destroyAllWindows()
62 root=Tk()
63 root.title("3rdRailDefectDetection")
64 root.option_add("-Font","consolas 15")
65 app = Application(root)
66
67 root.mainloop()
68

```

รูปที่ 3.22 โค้ดโปรแกรมดึงภาพ ชุดที่ 3

ในส่วนโปรแกรมดึงรูปภาพที่ตรวจจ็บรอยความเสียหายของรางที่สาม โค้ดจะเหมือนกับโค้ดชุดหลักที่ทำงานบนบอร์ด Raspberry Pi แต่จะส่วนที่แตกต่าง คือ ส่วนที่ 1 ส่วนที่ 2 ส่วนที่ 3 และส่วนที่ 4 ในบางบรรทัด

ส่วนที่ 1 บรรทัด 3 – 4 เป็นการเรียกใช้งาน โมดูล Tkinter ซึ่งเป็น โมดูลอินเตอร์เฟสมาตรฐานของภาษา Python ทำหน้าที่สร้างหน้าต่างโปรแกรมขึ้นมาเพื่อใช้งานได้หลายรูปแบบ

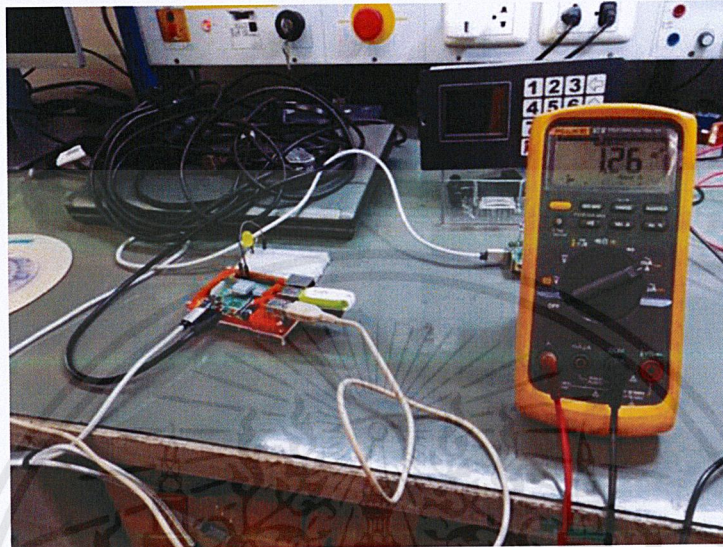
ส่วนที่ 2 ตั้งแต่บรรทัดที่ 6 – 29 เป็นการสร้างหน้าต่างโปรแกรมขึ้นมาโดยใช้โมดูล Tkinter ดังรูปที่ 3.20 ซึ่งจะมีชุดคำสั่งต่างๆในตัวโมดูล เช่น Frame() เป็นการแบ่งส่วนหน้าต่างโปรแกรม ,Label() ใช้สร้างกล่องข้อความบนหน้าต่าง ,button() เป็นการสร้างปุ่มกด , Entry() ใช้สร้างกล่องข้อความเพื่อใส่ข้อความ เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้คำสั่ง grid() เป็นจัดตำแหน่งของวิดเจ็ตต่างๆบนหน้าต่าง และที่เป็นส่วนสำคัญของโปรแกรมคือคำสั่ง Command ที่ใช้ในการผูกฟังก์ชันการทำงานของวิดเจ็ตเข้ากับฟังก์ชันโค้ดต่างๆ

ส่วนที่ 3 เป็นฟังก์ชันการเลือกไฟล์ โดยใช้โมดูล Tkinter คำสั่ง filedialog.askopenfilename() ดังรูปที่ 3.21

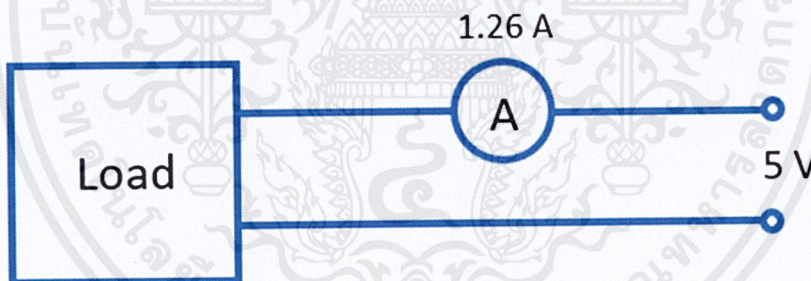
ส่วนที่ 4 เป็นการทำงานวนลูปที่เหมือนกับโค้ดชุดหลักเพียงแต่แตกต่างกันในบางบรรทัดดังรูปที่ 3.21 โดยบรรทัดที่ 47 – 48 เป็นการใส่ข้อมูลเป็นตัวอักษรเข้าไปในภาพ โดยใช้คำสั่ง cv2.PutText และบรรทัดที่ 54 เป็นการดึงภาพที่ถูกตรวจจ็บรอยความเสียหายของรางที่สามออกมาโดยใช้คำสั่ง cv2.imwrite()

3.2.6 การเลือกใช้แบตเตอรี่ของชุดทดลอง

ในการเลือกแบตเตอรี่ของชุดทดลองนั้นทำได้โดยนำชุดทดลองไปทำการวัดกระแส ขณะที่ชุดทดลองกำลังเปิดทำงานชุด วัดกระแสได้ 1.2 A ดังรูปที่ 3.23 โดยทำการวัดด้วยวิธีดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.23 ภาพแสดงการวัดกระแสไฟของชุดทดลองขณะทำงาน

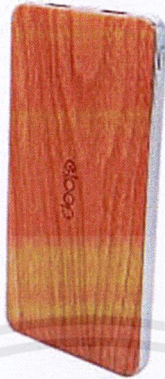


รูปที่ 3.24 วงจรการวัดกระแสไฟของชุดทดลอง

จากข้อมูลข้างต้น พบว่าชุดทดลองใช้กระแสไฟ 1.26 A ต่อชั่วโมง หรือ 1260 mA ต่อชั่วโมง (mAh) ในการทำงานจริง เวลาในการปฏิบัติการจะอยู่ที่เฉลี่ย 2 ชั่วโมง ดังนั้นผู้จัดทำได้เลือกใช้แบตเตอรี่สำรอง (Powerbank) ที่มีความจุ 13000 mAh ซึ่งโดยปกติความจุไฟฟ้าจริงของแบตเตอรี่สำรองจะอยู่ที่ประมาณ 70% หรือก็คือ $13000 * 0.7 = 9100$ mAh

ดังนั้น แบตเตอรี่สำรองที่เลือกใช้คือ Eloop E13 13000 mAh ดังรูปที่ 3.25 ซึ่งจะหาเวลาในการใช้งานชุดทดลองได้จากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

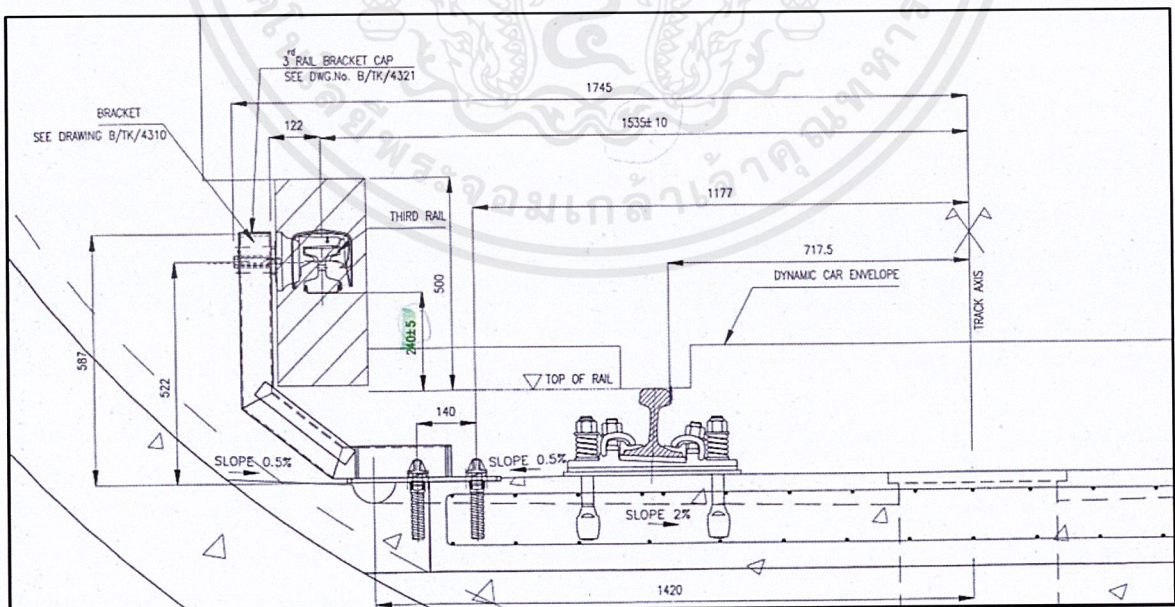
$$\text{เวลาใช้งาน} = \frac{9100}{1260} = 7.22 \text{ ชั่วโมง}$$



รูปที่ 3.25 แบตเตอรี่สำรอง eLoop E13

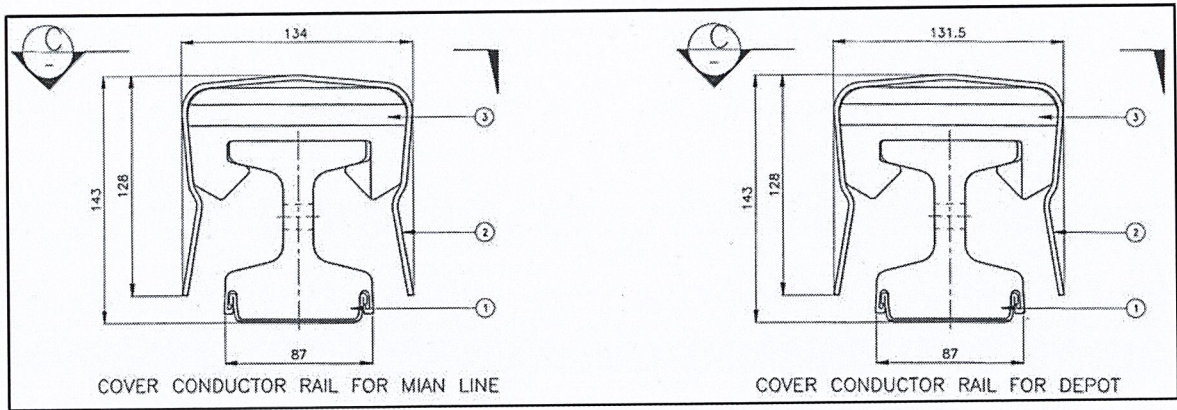
3.3 การออกแบบและจัดทำรถเข็นชุดตรวจจับรอยความเสียหายของรางที่สาม (Trolley)

ในการออกแบบอุปกรณ์การตรวจจับความเสียหายของรางที่สามจะต้องคำนึงถึงตำแหน่งของรางที่สามเป็นสำคัญ โดยสามารถอ้างอิงตำแหน่งของรางที่สาม ดังรูปภาพต่อไปนี้



รูปที่ 3.26 ภาพแบบของตำแหน่งการติดตั้งของรางที่สาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและแจ้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 ภาพแบบของรางที่สาม

3.3.1 การเลือกใช้วัสดุ

คุณสมบัติที่ต้องการของอุปกรณ์	เหล็ก (Iron)	สแตนเลส (Stainless)	อลูมิเนียม (Aluminum)
ความทนทาน	2	3	1
ความเบา	1	2	3
ราคาถูก	3	1	2
ความต้านทานความเป็นสนิม	1	3	2
รวมคะแนน	8	9	8

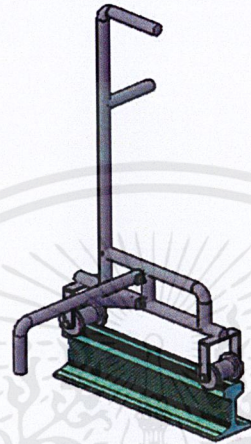
เกณฑ์การให้คะแนน : 3 (มากที่สุด) 2 (ปานกลาง) 1 (น้อยที่สุด)

ดังนั้นสรุปได้ว่าใช้ สแตนเลส ในการทำชิ้นงาน เนื่องจากตรงตามคุณสมบัติที่ต้องการมากที่สุด แต่มีข้อเสียเปรียบมากที่สุดในเรื่องราคา แต่เนื่องด้วยวัสดุบางชิ้นไม่ได้จัดซื้อขึ้นมาใหม่ แต่ได้จากการนำวัสดุเหลือใช้ภายในแผนกมาประยุกต์ใช้ทำให้โดยรวมแล้วมีต้นทุนที่คุ้มค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและ ⁴⁸ส่งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การเขียนแบบและการจัดทำอุปกรณ์

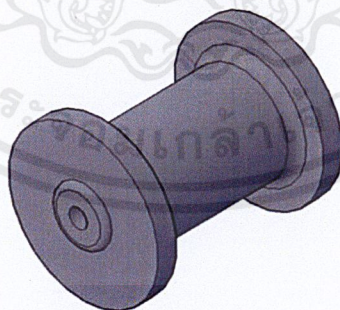
รายละเอียดขนาดของ เครื่องตรวจจับความเสียหายของรางที่สามนั้น ได้ทำการอ้างอิงระยะต่างๆ จากรูปที่ 3.26 และได้เขียนแบบด้วยโปรแกรม Auto CAD ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก และวัสดุที่เลือกใช้นั้นคือ สแตนเลส ตามเหตุผลในหัวข้อ 3.3.1



รูปที่ 3.28 เครื่องตรวจจับความเสียหายของรางที่สาม

ซึ่งสามารถแยกเป็นส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

1. สล๊อต

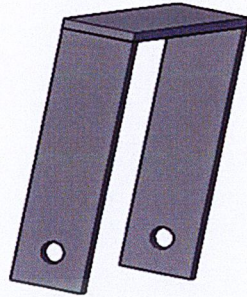


รูปที่ 3.29 สล๊อตที่ได้ออกแบบผ่านโปรแกรม AutoCAD

วัสดุที่ใช้ทำสล๊อต คือ ซุปเปอร์ลีน (SUPERLENE NYLON) เพราะมีคุณสมบัติตามที่ต้องการคือ มีความแข็งแรงเหนียว ไม่เสียรูปทรงง่าย ทนต่อการกัดกร่อนและทนต่อการเสียดสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แผ่นประกบข้างล้อย

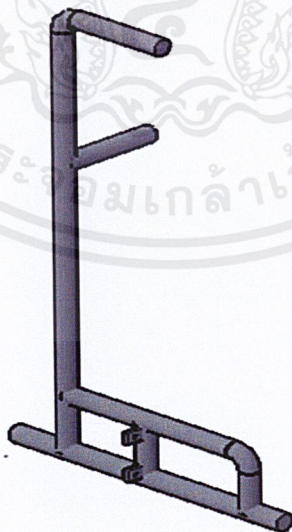


รูปที่ 3.30 แผ่นประกบข้างล้อยที่ได้ออกแบบผ่านโปรแกรม AutoCAD

ชิ้นส่วนในรูป 3.30 ทำจากสแตนเลสแบนหนา 4 มิลลิเมตร โดยได้นำวัสดุที่เหลือใช้จากการใช้งานมาประยุกต์ใช้

3. โครงสร้างส่วนบน

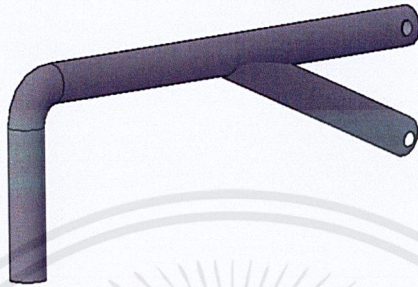
หลังจากได้ชิ้นงานในส่วนของล้อยแล้ว จากนั้นมีการเชื่อมต่อชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อให้เกิดโครงสร้างส่วนฐานที่ใช้สำหรับการรับ โครงสร้างส่วนบน



รูปที่ 3.31 โครงสร้างส่วนบนที่ได้ออกแบบผ่านโปรแกรม AutoCAD

4. โครงสร้างที่ใช้สำหรับยึดจับกล้อง

ในส่วนของโครงสร้างที่ยื่นออกมาเพื่อติดตั้งกล้องที่ใช้สำหรับการดูผิวของรางที่สามนั้น มีการออกแบบและจัดทำดังนี้



รูปที่ 3.32 โครงสร้างที่ใช้สำหรับยึดจับกล้องที่ได้ออกแบบผ่าน โปรแกรม AutoCAD

3.4 การทดสอบการติดตั้งและใช้งานของเครื่องตรวจจับรอยความเสียหายของรางที่สาม

3.4.1 การทดสอบหาระยะการติดตั้งกล้อง

เนื่องจากรอยความเสียหายมีตำแหน่งที่ไม่แน่นอน ภาพที่นำมาทำการตรวจจับต้องเป็นเป็นภาพที่เห็นผิวหน้าของรางที่สามทั้งหมด การทดสอบการติดตั้งกล้องกับ โครงสร้างตัวเครื่องเพื่อต้องการหาระยะที่จะได้ภาพที่เห็นผิวหน้าของรางที่สามแบบทั้งหมด ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมถ้าระยะน้อยจะทำให้ไม่เห็นภาพผิวหน้าของรางที่สามทั้งหมดทำให้อาจจะไม่เห็นรอยความเสียหายที่บางตำแหน่ง และถ้ามีระยะที่มากไปจะทำให้เห็นภาพนอกเหนือจากผิวหน้าของรางที่สามซึ่งอาจทำให้เกิดสิ่งรบกวนการตรวจจับ

3.4.2 การทดสอบหาค่าความสว่างและมุมไฟที่เหมาะสม

3.4.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าความสว่าง

การใช้งานเครื่องมือตรวจจับรอยความเสียหายของรางที่สามนั้น มีจุดประสงค์เพื่อตรวจจับรอยความเสียหายที่เกิดบนพื้นผิวของรางที่สามในสภาพแวดล้อมในอุโมงค์ดินซึ่งมีแสงสว่างเพียงเล็กน้อย ทำให้ของติดตั้งไฟ LED เพื่อให้ความสว่างในการตรวจจับของเครื่องมือดังนั้นจำเป็นต้องหาค่าความเอกสาร์นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

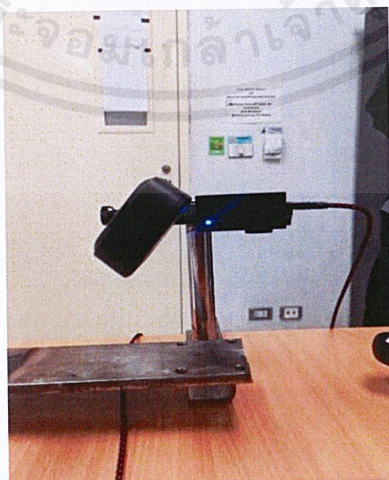
สว่างและมุมของไฟ LED ที่ทำกับผิวของรางที่สามที่เหมาะสมต่อการตรวจจับ โดยในการวัดค่าความสว่างและมุมของไฟ LED ได้ใช้เครื่องมือดังนี้



รูปที่ 3.33 เครื่องวัดความสว่าง BENETECH GM1010

3.4.2.2 การทดสอบการหาค่าความสว่างและมุมของไฟ LED ที่เหมาะสม

ใช้เครื่องมือวัดค่าความสว่างวัดค่าความสว่างในห้องทดลองที่ระยะเดียวกับระยะห่างของกล่องกับผิวของรางที่สามนั้นคือ 11 เซนติเมตรทำการทดสอบโดยตั้งไฟทำมุม 45° และ 90° กับผิวของชั้นทดสอบ ดังรูปที่ 3.34 กับ 3.35 ตามลำดับ เริ่มต้นจากค่าความสว่างต่ำสุดของไฟ LED นั้นคือ 220 Lux ไปจนถึง 660 Lux ทำการทดลองทั้งหมด 10 ครั้งในแต่ละค่าความสว่างเพื่อหาค่าความสว่างและมุมของไฟ LED ที่เหมาะสม



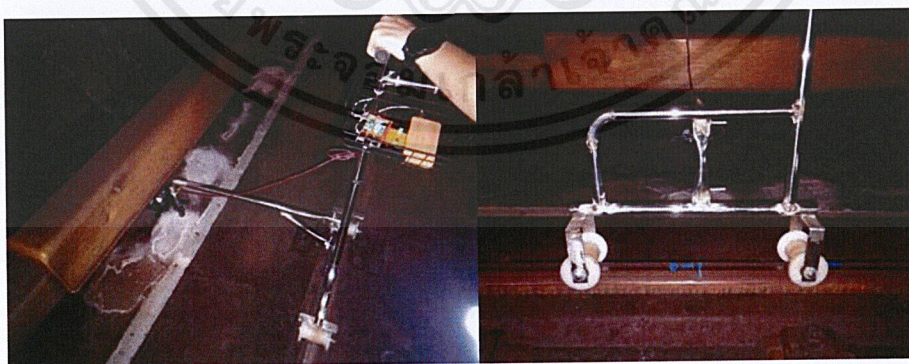
รูปที่ 3.34 การติดตั้งไฟLED ทำมุม 45° กับผิวชั้นทดสอบ



รูปที่ 3.35 การติดตั้งไฟLED ทำมุม 90° กับผิวชั้นทดสอบ

3.4.3 การทดสอบหาความเร็วในการตรวจจับที่เหมาะสม

การทดสอบหาค่าความเร็วของกล้องที่เหมาะสม โดยการสร้างระยะห่างเป็นระยะ 0.5 m บนชั้นทดสอบ โดยให้รอยความเสียหายอยู่ในระยะนี้ โดยเฉลี่ยแล้วมนุษย์เดินแบบมุ่งความสนใจไปที่สิ่งใดสิ่งหนึ่ง จะมีความเร็วในการเดินอยู่ที่ประมาณ 1 km/h ในการทดสอบจึงกำหนดให้มีการทดสอบที่ความเร็ว 0.5 km/hr, 0.75 km/hr, 1 km/hr และ 1.25 km/hr ซึ่งในระยะทาง 0.5 เมตร จะใช้เวลาในการเคลื่อนที่ 3.6 วินาที, 2.4 วินาที, 1.8 วินาที และ 1.4 วินาที ตามลำดับ ทำการทดสอบโดยเคลื่อนย้ายกล้องผ่านรอยความเสียหายพร้อมจับเวลา ทำการทดสอบเป็นจำนวน 10 ครั้ง เพื่อหาค่าความแม่นยำในการตรวจจับรอยความเสียหาย ดังรูปที่ 3.36

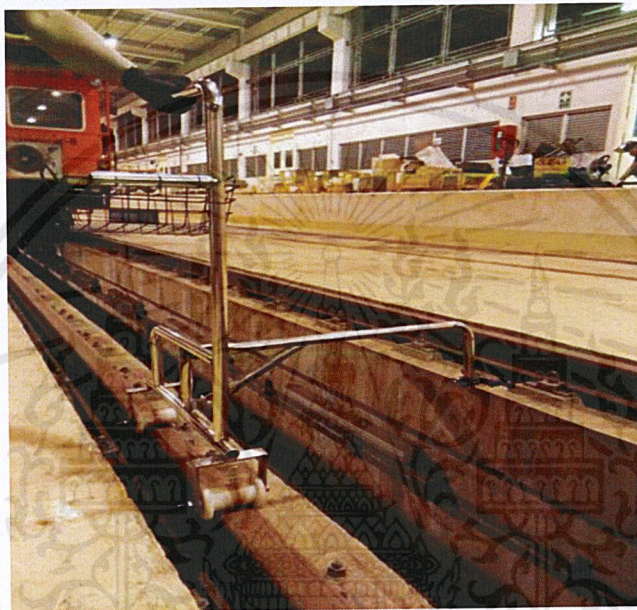


รูปที่ 3.36 ภาพแสดงการทดสอบความเร็วของเครื่องตรวจจับรอยความเสียหาย

บทที่ 4

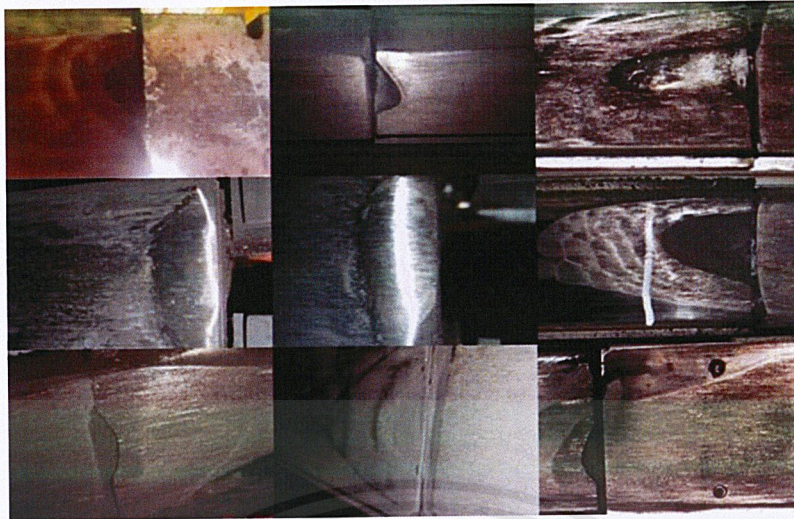
ผลการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินการประกอบรถเข็นชุดตรวจจับรอยความเสียหายของรางที่สามจะปรากฏดังภาคผนวก โดยเมื่อนำส่วนที่สำคัญทั้งหมดที่ออกแบบไว้ในบทที่ 3 มาประกอบเข้าด้วยกัน จะได้โครงสร้างของเครื่องตรวจจับรอยความเสียหายของรางที่สามดังรูปที่ 4.1

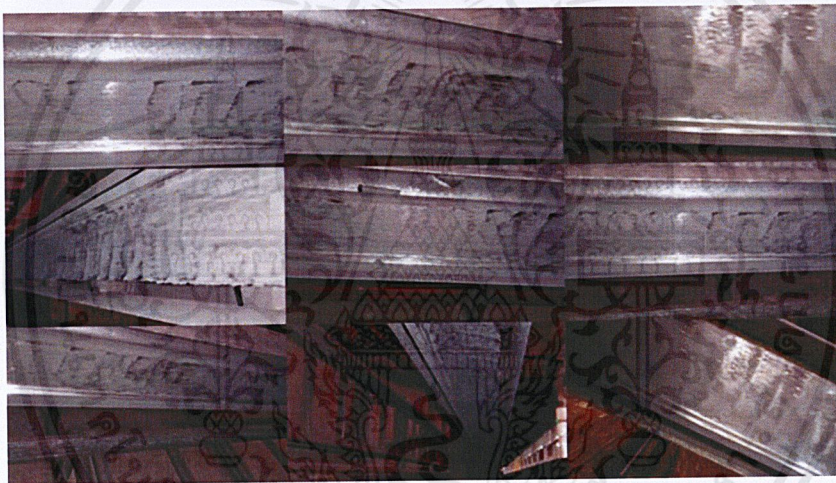


รูปที่ 4.1 รถเข็นชุดตรวจจับรอยความเสียหายของรางที่สาม

การออกแบบและติดตั้งเครื่องตรวจจับรอยความเสียหายเพื่อตรวจจับรอยความเสียหายที่เกิดขึ้นบนผิวของรางที่สาม จากการเก็บข้อมูลเพื่อป้อนเข้าระบบพบว่ามียรอยความเสียหาย 2 แบบ คือ รอยความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณรอยต่อเพื่อขยาย (Expansion Joint) ซึ่งรอยความเสียหายประเภทนี้เกิดจากการอาร์คของCollector Shoes กับรางที่สาม และรอยความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณปลายรางที่สาม (Ramp) ซึ่งเกิดจาก Collector Shoes กระแทกเมื่อเข้าสู่รางที่สามเพราะในการจ่ายไฟผ่านรางที่สามนั้น จะมีการแบ่งช่วงของรางที่สามขณะเข้าและออกสถานี ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

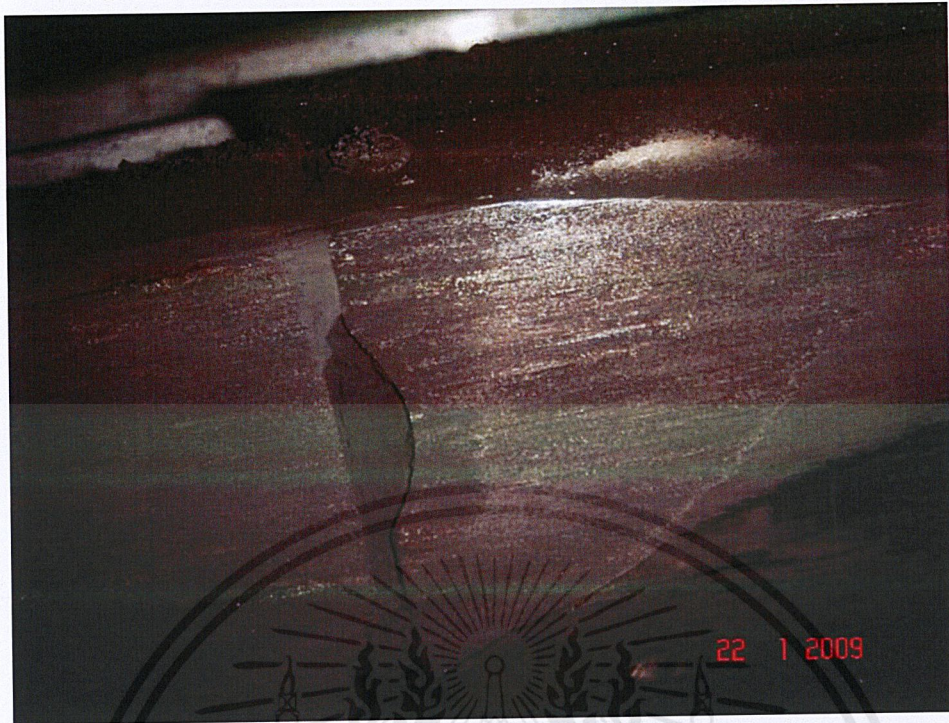


รูปที่ 4.2 รอยความเสียหายที่บริเวณรอยต่อเพื่อขยาย (Expansion Joint)



รูปที่ 4.3 รอยความเสียหายที่บริเวณปลายรางที่สาม (Ramp)

และจากขอบเขตการศึกษาที่กำหนดให้ศึกษาการตรวจจับเพียงรอยความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณรอยต่อเพื่อขยาย (Expansion Joint) เท่านั้น เนื่องจากข้อมูลที่ใช้สำหรับการตรวจสอบบริเวณปลายรางที่สาม (Ramp) ไม่เพียงพอต่อการศึกษาดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างรอยความเสียหายที่บริเวณรอยต่อเพื่อขยาย (Expansion Joint)

4.1 ผลการทดสอบการตรวจจับเบื้องต้น

โดยผลจากการป้อนรูปภาพรอยความเสียหายที่บริเวณรอยต่อเพื่อขยาย (Expansion joint) เข้าไปทั้งหมด 1248 รูป ซึ่งแบ่งเป็นรูปภาพส่วนที่ต้องการตรวจจับ (Positive) จำนวน 173 รูปซึ่งได้จากการถ่ายภาพรอยความเสียหายที่พบและรูปภาพทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ต้องการตรวจจับ (Negative) จำนวน 1075 รูป ซึ่งจำนวนรูปภาพทั้งหมดมีจำนวนที่เพียงพอในการศึกษาการทำงานของเครื่องตรวจจับเบื้องต้น แต่ถ้ายังมีรูปภาพส่วนที่ต้องการตรวจจับและรูปภาพทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ต้องการตรวจจับมากเท่าไร ความแม่นยำก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น

ผลจากการทดสอบการตรวจจับ คือ เมื่อลากกล้องผ่านรอยความเสียหาย ซึ่งเป็นรูปที่ต้องการตรวจจับ จะขึ้นกรอบสี่เหลี่ยมขึ้นตรงบริเวณที่เป็นรอยความเสียหาย ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 รอยความเสียหายที่ถูกตรวจจับ

4.2 ผลการหาระยะติดตั้งก๊อ้งที่เหมาะสม

จากการติดตั้งและทดสอบการจับภาพ เนื่องจากรอยความเสียหายที่เกิดขึ้นบนรางที่สามมีตำแหน่งที่ไม่แน่นอน จึงต้องการภาพที่เห็นผิวของรางที่สามทั้งหมดเพื่อตรวจจับ จากการทดสอบการติดตั้งก๊อ้งบนชุดเครื่องมือตรวจจับ โดยทำการเปลี่ยนแปลงระยะติดตั้งก๊อ้งขึ้นและลงเป็นระยะต่างๆ ตั้งแต่ระยะห่างจากรางที่สาม 5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะเริ่มต้นที่ก๊อ้งสามารถจับภาพชัดเจนหรือโฟกัสได้ ไปจนถึงระยะ 15 เซนติเมตร จากการศึกษาพบว่าตำแหน่งที่ติดตั้งก๊อ้งที่เหมาะสมคือระยะห่าง 11 เซนติเมตรระหว่างก๊อ้งและรางที่สามเพราะสามารถเห็นภาพผิวของรางที่สามได้ทั้งหมดอย่างสมบูรณ์ ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบหาระยะติดตั้งก๊อ้งที่ระยะ 11 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและ 57 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดสอบหาค่าความสว่างและมุมของแสงสว่างที่เหมาะสม

4.3.1 ตารางบันทึกผลหาค่าความสว่างและมุมของแสงสว่างที่กระทำกับผิวของรางที่สาม

เป็นการเก็บข้อมูลของเทคนิค Haar cascade เพื่อต้องการหาค่าความสว่างที่เหมาะสมที่สุดและมุมของแสงสว่างที่เหมาะสมที่สุดระหว่างมุม 45 และ 90 องศา โดยการทดลองในแต่ละครั้งจะทดลองในห้องทดลองที่มีค่าความสว่างใกล้เคียงกับค่าความสว่างในอุโมงค์เดินรถ ซึ่งมีค่าความสว่างที่ 18 Lux โดยการติดตั้งกล้องนั้นจะติดตั้งที่ระยะห่างจากผิวรางที่สามประมาณ 11 เซนติเมตรซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองก่อนหน้านี้ และได้มีการนำแผ่น โลหะซึ่งเป็นผิวของรางที่สามที่มีรอยความเสียหายมาเป็นชิ้นส่วนทดลองจริง

ในการเก็บข้อมูลนั้น ได้ทำการทดลองหาค่ามุมของแสงสว่างที่กระทำกับผิวของรางที่สาม ที่ 45 องศา และ 90 องศาตามลำดับ โดยใช้ค่าความสว่างเริ่มต้นที่ค่าความสว่างที่ต่ำที่สุดของไฟ LED นั่นคือค่าความสว่างที่ 220 Lux ซึ่งค่าความสว่างที่ใช้ในการทดลองจะใช้ค่าความสว่างที่ 220 Lux, 240 Lux, 260 Lux, 280 Lux, 300 Lux, 320 Lux, 340 Lux, 360 Lux, 380 Lux, 400 Lux, 420 Lux, 440 Lux, 460 Lux, 480 Lux, 500 Lux, 520 Lux, 540 Lux, 560 Lux, 580 Lux, 600 Lux, 620 Lux, 640 Lux และ 660 Lux ตามลำดับ โดยทำการทดลองเปิดไฟเพื่อตรวจนับเป็นจำนวน 10 ครั้ง โดยความสามารถในการจับภาพได้จะวัดจากความสามารถในการจับภาพรอยความเสียหายของซอฟต์แวร์ได้ภายใน 2 วินาทีหลังจากการเปิดไฟและเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำที่มุมของแสงสว่าง 45 องศาและ 90 องศา คัดจากการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้งหาค่าความสว่างของแสงนั้นๆ

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบขณะที่แสงสว่างทำมุม 45° กับผิวของรางที่สาม

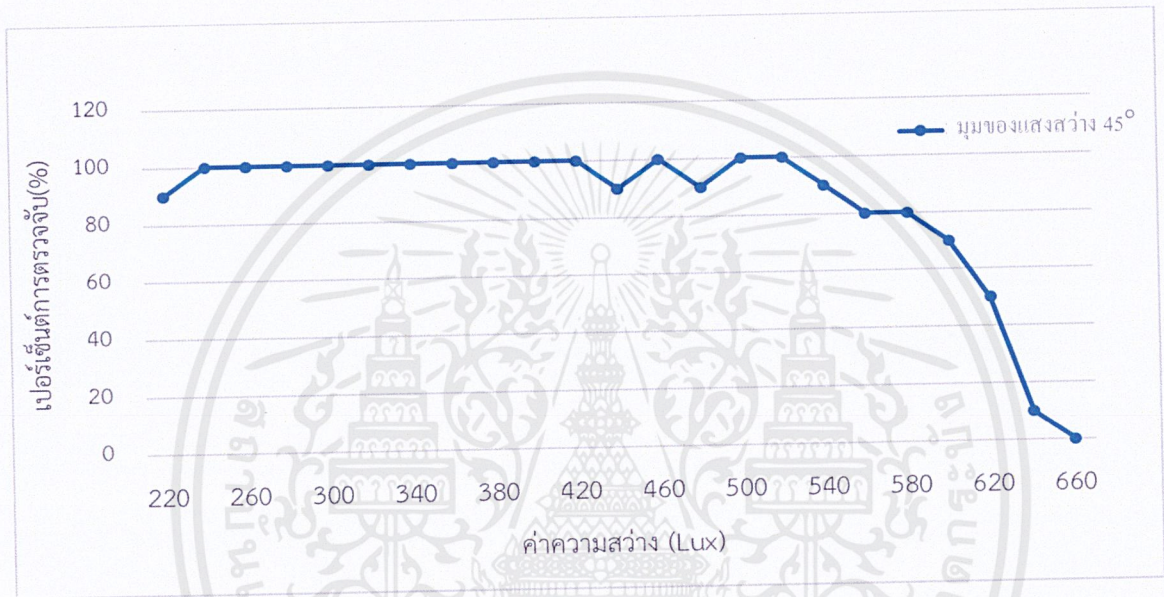
		ครั้งที่ทดลอง										เปอร์เซ็นต์การ ตรวจจับ (ที่มุมของแสงสว่าง 45°)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ความสว่าง (LUX)	18	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0%
	220	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	90%
	240	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	260	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	280	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	300	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	320	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	340	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	360	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	380	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	400	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	420	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดสอบขณะที่แสงสว่างทำมุม 45° กับผิวของรางที่สาม (ต่อ)

		ครั้งที่ทดลอง										เปอร์เซ็นต์การ ตรวจจับ (ที่มุมของแสงสว่าง 45°)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ความสว่าง (LUX)	440	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	90%
	460	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	480	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	90%
	500	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	520	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	540	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	90%
	560	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	80%
	580	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	80%
	600	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	70%
	620	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	50%
	640	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	10%
	660	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	0%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและ 60 งข้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 เมื่อนำค่าความสว่างและค่าเปอร์เซ็นต์การตรวจจับที่มุมของแสงสว่าง 45° มาพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ (ดังรูปที่ 4.7) จะพบว่าที่มุมของแสงสว่าง 45° ในช่วงค่าความสว่างที่ 440 และ 480 Lux มีค่าความแม่นยำลดลง และค่าความแม่นยำจะเริ่มลดลงเมื่อค่าความสว่างมีค่า 540 Lux และอุปกรณ์ไม่สามารถตรวจจับรอยความเสียหายของผิวชิ้นทดสอบได้เมื่อค่าความสว่างเกิน 660 Lux ขึ้นไป



รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์การตรวจจับ (%) กับ ค่าความสว่าง(Lux) ที่มุม 45°

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบขณะที่แสงสว่างทำมุม 90° กับผิวของรางที่สาม

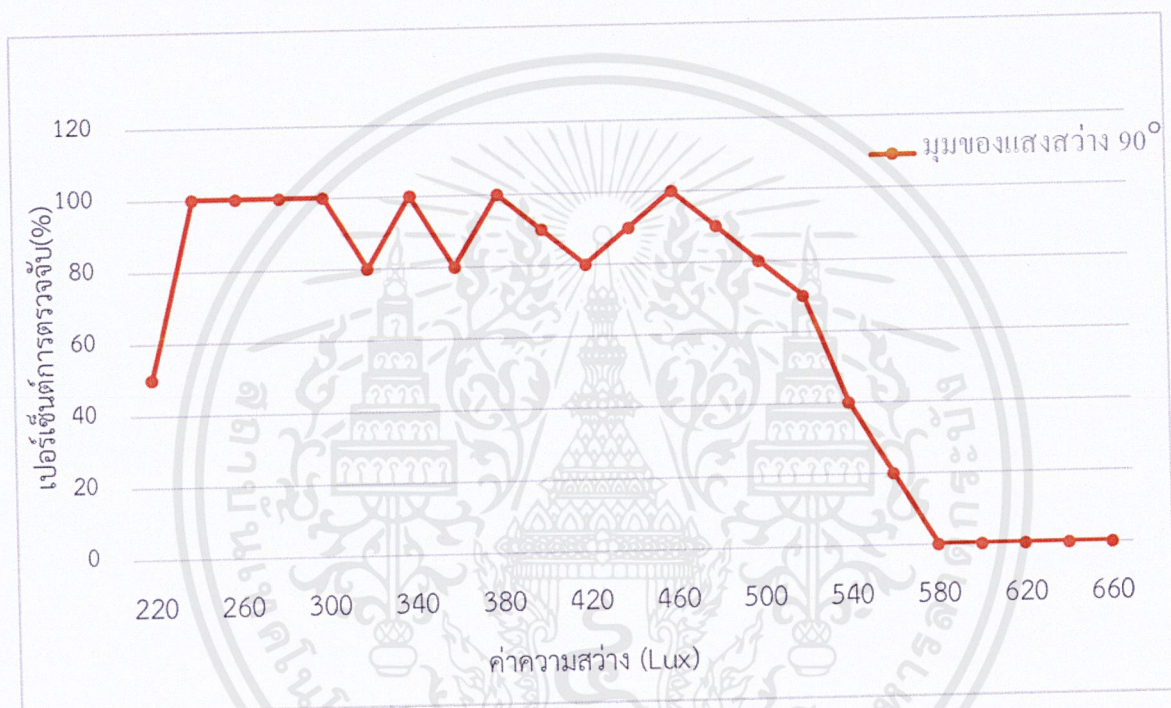
		ครั้งที่ทดลอง										เปอร์เซ็นต์การ ตรวจจับ(ที่มุมของ แสงสว่าง 90°)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ความสว่าง (LUX)	18	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0%
	220	✓	✓	x	x	✓	x	x	x	✓	✓	50%
	240	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	260	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	280	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	300	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	320	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	x	80%
	340	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	360	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	80%
	380	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	400	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	90%
	420	✓	✓	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	80%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาแล62องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบขณะที่แสงสว่างทำมุม 90° กับผิวของรางที่สาม (ต่อ)

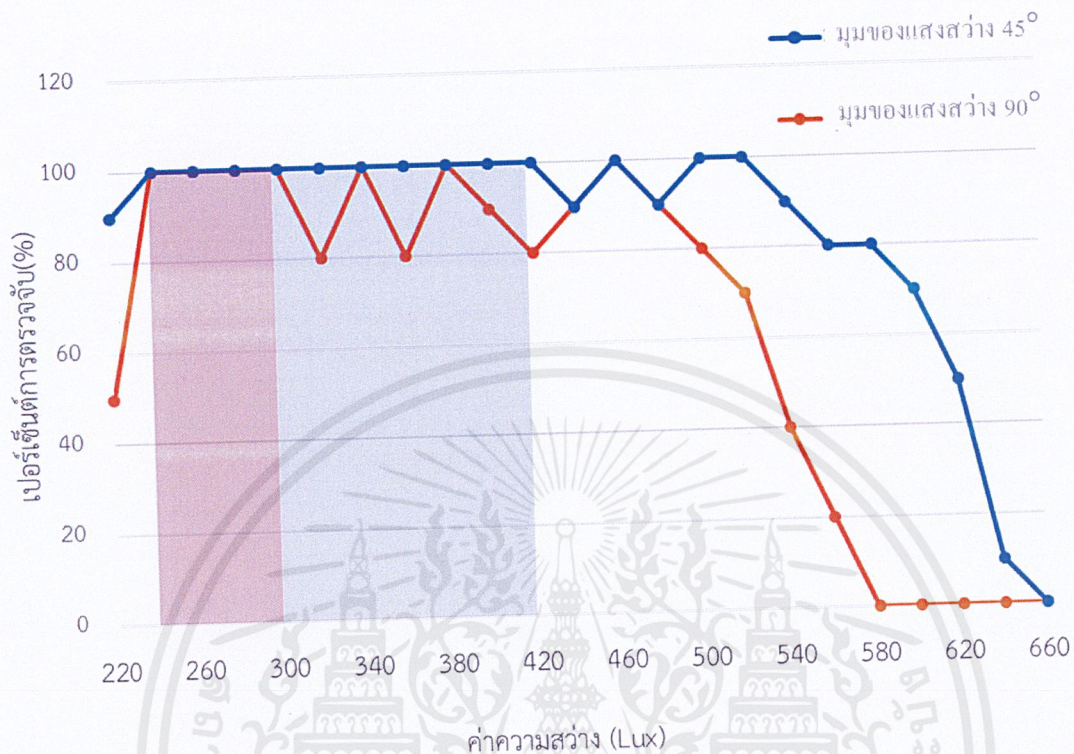
		ครั้งที่ทดลอง										เปอร์เซ็นต์การ ตรวจจับ(ที่มุมของ แสงสว่าง 90°)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ความสว่าง (LUX)	440	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	90%
	460	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%
	480	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	90%
	500	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	80%
	520	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✗	70%
	540	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	40%
	560	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	20%
	580	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	0%
	600	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	0%
	620	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	0%
	640	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	0%
660	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	0%	

จากตารางที่ 4.2 เมื่อนำ ค่าความสว่างและค่าเปอร์เซ็นต์การตรวจจับที่มุมของแสงสว่าง 90° มาพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ (ดังรูปที่ 4.8) จะมีลักษณะเหมือนกับกรณีมุมของแสงสว่างที่ 45° โดยจากการทดลองที่มุมของไฟ LED 90° พบว่าตั้งแต่ช่วงค่าความสว่างที่ 300 Lux ขึ้นไปเริ่มมีความแม่นยำที่ลดลงและมีความคลื่อนสูงกว่ในกรณีมุมของแสงสว่าง 45° และพบว่าไม่สามารถตรวจจับรอยความเสียหายได้ที่ค่าความสว่างตั้งแต่ 580 Lux เป็นต้นไป



รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์การตรวจจับ (%) กับ ค่าความสว่าง(Lux) ที่มุม90°

เมื่อนำค่าความแม่นยำของทั้งสองกรณีมาพล็อตลงในกราฟเดียวกันจะได้กราฟดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์การตรวจจับ (%) กับ ค่าความสว่าง(Lux) ที่มุม 45°, 90°

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์การตรวจจับ (%) กับ ค่าความสว่าง(Lux) ที่มุม 45° และ 90° ดังแสดงในรูปที่ 4.9 พบว่ามุมของแสงสว่างที่กระทำกับผิวของรางที่สามมีผลต่อความแม่นยำ การตรวจจับค่อนข้างมาก ที่มุมของแสงสว่าง 45° จะมีความแม่นยำในการตรวจจับ 100% อยู่ในช่วงค่า ความสว่างที่ 240 ถึง 420 Lux ซึ่งในกรณีของมุมของไฟ LED 90° จะมีช่วงความแม่นยำ 100% อยู่ที่ค่า ความสว่าง 240 ถึง 300 Lux ซึ่งที่มุมของแสงสว่าง 45° มีช่วงค่าความสว่างที่กว้างกว่าจึงเป็นเหตุผลใน การเลือกติดตั้งแสงสว่างแบบทำมุม 45° กับผิวของชั้นทดสอบ และเลือกใช้ค่าความสว่าง 420 Lux ที่แสง สว่างทำมุม 45° กับผิวของชั้นทดสอบ เพราะจากการทดลองพบว่าการตรวจจับรอยความเสียหายได้ รวดเร็วที่สุด

4.4 ผลการทดสอบหาค่าความเร็วในเคลื่อนย้ายกล่องผ่านรอยความเสียหาย

ในการทดสอบหาค่าความเร็วของกล่องที่เคลื่อนที่ผ่านรอยความเสียหายบนรางที่สามเพื่อหาค่าความเร็วที่เหมาะสมในการใช้งานเครื่องตรวจจับรอยความเสียหายบนรางที่สาม ทำการทดสอบโดยกำหนดระยะระหว่างรอยความเสียหาย 0.5 m ติดกล่องและไฟ LED กับรถ Trolley ที่ทำขึ้นมาโดยมีระยะห่างของรอยความเสียหายกับกล่องเป็นระยะ 11 cm ตั้งมุมของแสงสว่างที่ 45° และเลือกใช้ค่าความสว่างที่ 420 Lux

ทำการเคลื่อนที่กล่องผ่านจุดที่มีรอยความเสียหายบนรางที่สามโดยใช้ความเร็ว 0.5 km/h, 0.75 km/h, 1 km/h และ 1.25 km/h โดยทำการเปลี่ยนความเร็วเป็นเวลาที่ต้องเคลื่อนที่ผ่านด้วยด้วยสมการที่ 4.1

$$t = \frac{S}{V} \quad (4.1)$$

เมื่อ S = ระยะทาง , V = ความเร็ว และ t = เวลา จะได้เวลาที่ต้องเคลื่อนที่ผ่านนั้นคือ 3.6 วินาที, 2.4 วินาที, 1.8 วินาที และ 1.4 วินาที ตามลำดับ ทำการทดสอบโดยการเคลื่อนที่ผ่านเป็นจำนวน 10 ครั้งและจับเวลาในขณะที่เคลื่อนที่ เพื่อหาค่าความแม่นยำในแต่ละความเร็ว

4.4.1 ผลการหาความเร็วของกล้องเมื่อเคลื่อนที่ผ่านรอยความเสียหายบนรางที่สาม

จากการทดสอบเพื่อหาผลของระยะการติดตั้งกล้องที่เหมาะสมและผลการทดสอบหาค่าความสว่างและมุมของแสงสว่างที่เหมาะสมแล้ว จึงทำการหาความเร็วของกล้องเมื่อเคลื่อนที่ผ่านรอยความเสียหายบนรางที่สาม ซึ่งได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบขณะเคลื่อนที่ผ่านรอยความเสียหายบนรางที่สามที่เวลาต่างๆ

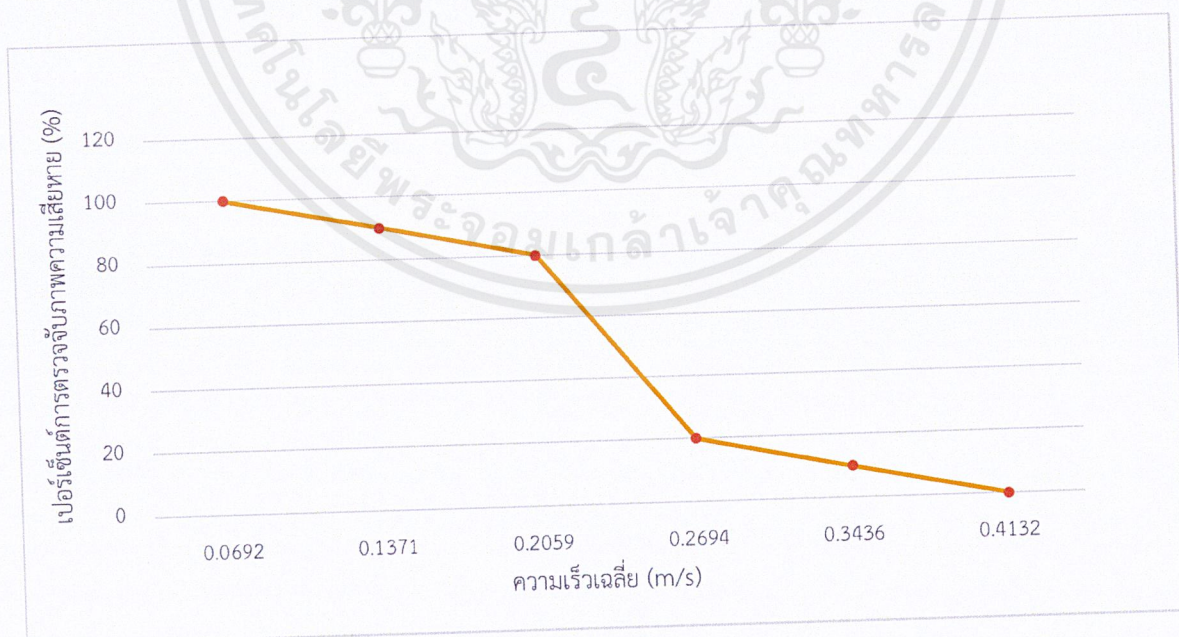
		ครั้งที่ทดลอง									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ความเร็วที่ต้องการ(km./hr.) เวลาที่ใช้(ส.)	0.25 (7.2)	✓ 7.34	✓ 7.42	✓ 7.15	✓ 7.21	✓ 7.08	✓ 7.25	✓ 7.31	✓ 7.18	✓ 7.11	✓ 7.22
	0.5 (3.6)	✓ 3.72	✓ 3.75	✓ 3.51	✓ 3.64	✓ 3.74	✗ 3.44	✓ 3.85	✓ 3.49	✓ 3.63	✓ 3.69
	0.75 (2.4)	✓ 2.50	✓ 2.43	✗ 2.53	✓ 2.61	✓ 2.38	✓ 2.51	✓ 2.35	✗ 2.35	✓ 2.38	✓ 2.24
	1.00 (1.8)	✓ 1.92	✗ 1.82	✗ 1.81	✗ 1.98	✓ 1.84	✗ 1.73	✗ 1.83	✗ 1.85	✗ 1.89	✗ 1.89
	1.25 (1.4)	✗ 1.47	✗ 1.54	✗ 1.45	✗ 1.48	✗ 1.42	✗ 1.40	✗ 1.47	✗ 1.46	✓ 1.45	✗ 1.41
	1.50 (1.2)	✗ 1.12	✗ 1.24	✗ 1.08	✗ 1.32	✗ 1.28	✗ 1.23	✗ 1.21	✗ 1.27	✗ 1.15	✗ 1.20

นำเวลาที่ทำการทดสอบมาทำการเฉลี่ยหาความเร็วและหาค่าความแม่นยำ ซึ่งได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์การตรวจจับภาพรอยความเสียหาย (%) และ ความเร็วเฉลี่ย (m/s)

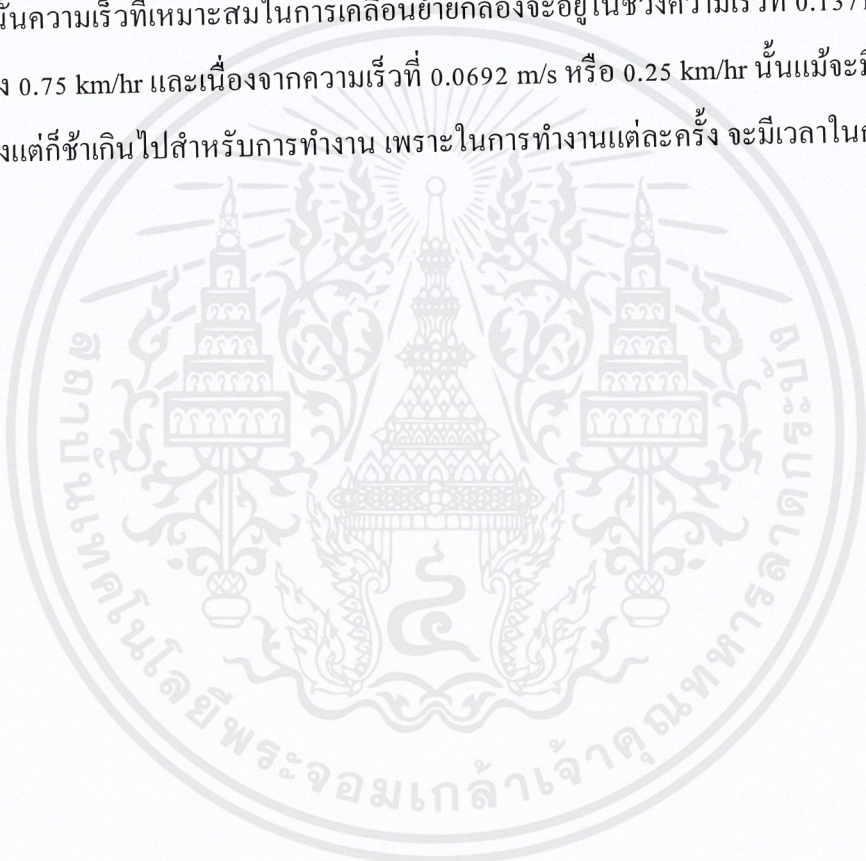
เวลาเฉลี่ย (วินาที)	ความเร็วเฉลี่ย หาได้จาก $V = \frac{S}{t}$ (m/s)	เปอร์เซ็นต์การตรวจจับภาพรอย ความเสียหาย (%)
7.227	0.0692	100
3.646	0.1371	90
2.428	0.2059	80
1.856	0.2694	20
1.455	0.3436	10
1.210	0.4132	0

จากตารางที่ 4.4 เมื่อนำค่าความเร็วเฉลี่ย(m/s) กับ ค่าความแม่นยำการตรวจจับภาพรอยความเสียหาย(%) มาทำการพล็อตกราฟ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์การตรวจจับ (%) กับ ค่าความเร็วเฉลี่ย (m/s)

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์การตรวจจับ (%) กับ ค่าความเร็วเฉลี่ย (m/s) ที่แสดงในรูปที่ 4.10 พบว่าความเร็วในการเคลื่อนย้ายกล่องผ่านรอยความเสียหายส่งผลต่อการตรวจจับของระบบประมวลผลเป็นอย่างมาก จะเห็นว่าที่ความเร็ว 0.2694 m/s หรือ ประมาณ 1 km/hr เป็นต้นไป เปอร์เซ็นต์การตรวจจับลดลงอย่างมากจนไม่สามารถทำการตรวจจับได้เนื่องจากระบบประมวลผลมีความสามารถในการประมวลผลที่ช้าซึ่งถือเป็นข้อจำกัดของตัวฮาร์ดประมวลผลที่เราเลือกใช้ ซึ่งทำให้เมื่อเคลื่อนกล่องด้วยความเร็วที่มากเกินไปจะทำให้ระบบประมวลผลไม่สามารถประมวลผลได้ทันเป็นเหตุให้กล้องจับภาพไม่ทันและเกิดความไม่ต่อเนื่องในการตรวจจับ จึงไม่สามารถตรวจจับรอยความเสียหายได้ ดังนั้นความเร็วที่เหมาะสมในการเคลื่อนย้ายกล่องจะอยู่ในช่วงความเร็วที่ 0.1371 ถึง 0.2059 m/s หรือ 0.5 ถึง 0.75 km/hr และเนื่องจากความเร็วที่ 0.0692 m/s หรือ 0.25 km/hr นั้นแม้จะมีเปอร์เซ็นต์จะตรวจจับที่สูงแต่ก็ช้าเกินไปสำหรับการใช้งาน เพราะในการทำงานแต่ละครั้ง จะมีเวลาในการทำงานที่ค่อนข้างจำกัด



บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

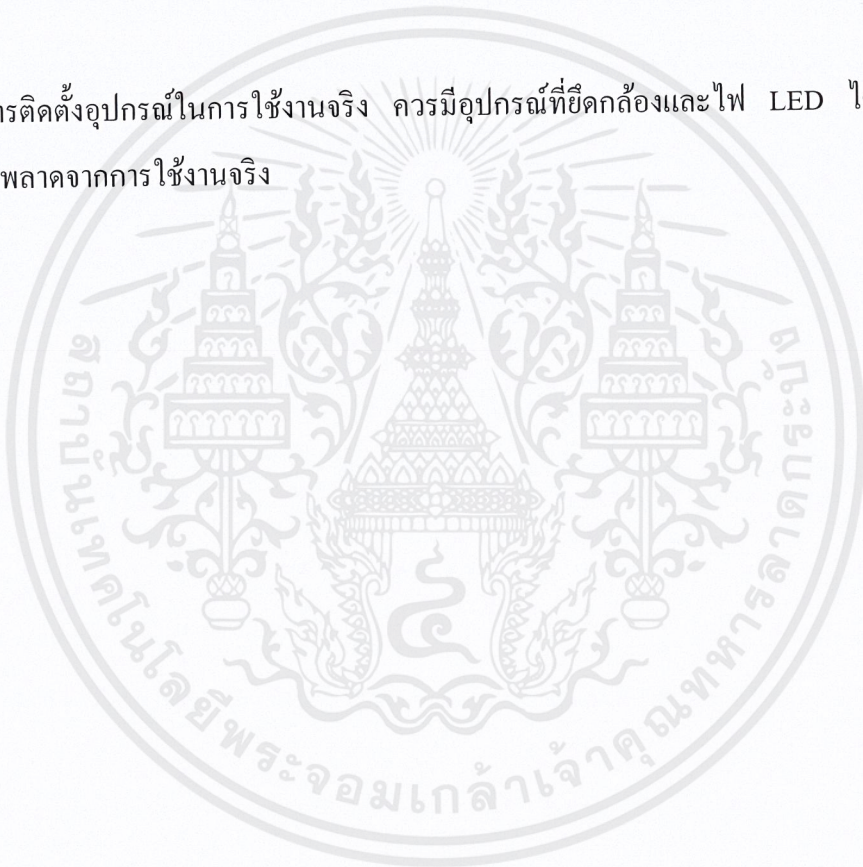
5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทำชุดค้นแบบเครื่องมือตรวจจับความเสียหายบนรางที่สามด้วยกระบวนการ Image Processing เพื่อตรวจสอบรอยความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของรางที่สามและทำการแจ้งเตือนอัตโนมัติเมื่อตรวจพบรอยความเสียหาย จากการเงินเครื่องมือตรวจจับไปตามแนวของรางที่สามพบว่า

เมื่อใช้ระยะเวลาติดตั้งกล้องที่เหมาะสม คือระยะ 11 เซนติเมตร ในการทำการทดสอบหาค่าแสงสว่างที่เหมาะสมโดยจากการทดสอบ พบว่า ค่ามุมของไฟ LED ที่ทำมุมกับรางที่สามเป็นมุม 45° มีความเหมาะสมกว่ามุม 90° เนื่องจากเป็นมุมที่แสงสว่างส่องไปยังรอยความเสียหายโดยตรง ซึ่งในบริเวณอุโมงค์เดินรถรอบรางที่สามมีค่าความสว่างเฉลี่ยอยู่ที่ 10 Lux ค่าความสว่างที่เหมาะสมในการตรวจจับที่มุมไฟ LED 45° คือช่วง 240 – 420 Lux และเมื่อได้ระยะเวลาติดตั้งกล้องที่เหมาะสมและความสว่างที่เหมาะสมแล้ว จึงได้ทำการทดสอบหาความเร็วที่เหมาะสม ซึ่งจากการทดสอบพบว่าความเร็วที่เหมาะสมในการเคลื่อนที่ของชุดทดลองในการตรวจจับรอยความเสียหายนั้นคือ 0.5 – 0.75 m/s ซึ่งเป็นความเร็วที่ค่อนข้างช้าสำหรับการทำงานจริง นอกจากนี้ในการทดสอบพบว่าชุดเครื่องมือมีการตรวจจับเจอสิ่งแปลกปลอมที่มีความคล้ายคลึงกับรอยความเสียหาย แต่เมื่อเพิ่มรูป Positive เข้ามาในระบบจำนวน 60 รูป พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์การตรวจจับคลาดเคลื่อนมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยจำนวนภาพที่ป้อนเข้าระบบเพื่อให้ระบบเรียนรู้เป็นครั้งสุดท้ายมีจำนวน 1,248 รูป เป็นรูป Positive จำนวน 173 รูป และรูป negative จำนวน 1,075 รูป กระบวนการ Haar cascade ยังสามารถเพิ่มรูปรอยความเสียหายที่ต้องการตรวจจับ (Positive) เข้าไปในระบบเพื่อให้กระบวนการ Machine Learning มีประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงขึ้น แต่ต้องแลกมาด้วยการที่อุปกรณ์ต้องประมวลผลมากขึ้น จึงควรที่จะใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพในการทำงานที่มากขึ้นตามการประมวลผลการทำงานที่มากขึ้น ดังนั้นการใช้งานจึงขึ้นอยู่กับความถนัดลักษณะของงาน ชนิดของอุปกรณ์ Software และ Hardware ของผู้ใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ชุดทดสอบมีข้อมูลภาพที่ป้อนเข้าระบบประมวลผลน้อยเกินไป ควรมีการหาข้อมูลภาพโดยการเก็บข้อมูลภาพเพื่อนำมาป้อนเข้าระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดค่าความคลาดเคลื่อน
2. ในกระบวนการ Haar cascade การใส่ข้อมูลภาพ Positive และ Negative ในจำนวนมาก จะทำให้ระบบประมวลผลมีความแม่นยำที่สูงขึ้นเป็นสัดส่วนตามข้อมูลที่ใส่เข้าไปในระบบ แต่ก็ส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ทำงานหนักเนื่องจากมีข้อมูลในการประมวลผลมาก ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการกระตุกหรือการหน่วง
3. การติดตั้งอุปกรณ์ในการใช้งานจริง ควรมีอุปกรณ์ที่ยึดกล้องและไฟ LED ได้อย่างมั่นคง ป้องกันการผิดพลาดจากการใช้งานจริง



บรรณานุกรม

- [1] จีระศักดิ์ สุวรรณโณ. (2014). คู่มือการอบรมหลักสูตร Raspberry Pi. กรุงเทพฯ : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
- [2] สมโชค รัตนสุสติกุล (2010). การทดสอบระบบการตรวจจับเมล็ดงาสีดำด้วยกรรมวิธีการประมวลผลด้วยภาพ.
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิต
- [3] สุนิสา เรืองสร, วสุวารี ศรีอำพรรณ. (2010) การตรวจจับวัตถุต้องสงสัยด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล, หลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [4] สร้างโปรแกรมเชื่อมต่อ API แบบ GUI โดย TKinter , แหล่งที่มา
<https://medium.com/@kraiwittabthana/สร้างโปรแกรมเชื่อมต่อ-api-แบบ-gui-โดย-tkinter-18e5587aab37> เข้าดูเมื่อวันที่ 01/10/2019
- [5] อภิชาติ เหล็กดี, วรปภา อารีราษฎร์, ธเนศ ยืนสุข. (2015) ผลการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษาซี โดยใช้เรสพ์เบอร์รี่ไพ. คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- [6] Dinah K. Ulfa ., Dwi H. Widyantoro. (2017) Implementation of haar cascade classifier for motorcycle detection. IEEE
- [7] Paulo Menezes., José CarlosBarreto., Jorge Dias. (2004) FACE TRACKING BASED ON HAAR-LIKE FEATURES AND EIGENFACES. ISR-University of Coimbra, Portugal., LAAS-CNRS, Toulouse., France, ESA, Villafranca, Spain.
- [8] Wanjale, K.H., Bhoomkar, A., Kulkarni, A., Gosavi, S. (2013) Use of Haar Cascade Classifier for Face Tracking System in Real Time Video. Department Of Computer Engineering, V.I.I.T., Pune.

[9] Haar-Like Feature, From Wikipedia, URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Haar-like_feature
access on 08/09/2019

[10] Playelek, การสร้างไฟล์ Cascade ไว้ตรวจจับวัตถุ , แหล่งที่มา <https://playelek.com/haar-cascade-create/> เข้าดูเมื่อวันที่ 08/09/2019

[11] Wilhelm Burger, Principles of Digital Image Processing, From <https://view-read.com/?book=1848001908&idn=artha&sid=3634409> / access on 10/11/2019



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาแล73องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาแล74องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้งาน Raspberry Pi จะต้องลง OS (Operating System) ก่อนการใช้งาน ซึ่งการติดตั้ง OS มีด้วยกัน 2 วิธีคือ 1.ใช้ NOOBS 2. เขียนไฟล์ images ลง SD Card ซึ่งทั้ง 2 วิธีมีความแตกต่างกัน คือ

1. NOOBS : NOOBS ย่อมาจาก New Out of Box Software เป็นตัวติดตั้ง OS แบบง่ายๆ แต่จะมีข้อจำกัดว่าจะติดตั้งอะไรบ้างในลิสต์ ซึ่งจะมีให้เลือกได้แก่ Raspbian, LibreELEC, OSMC, RISC OS, Windows 10 IoT Core
2. เขียนไฟล์ images :คือการดาวน์โหลดไฟล์ images ที่จะใช้ เช่น Raspbian, Ubuntu mate ฯลฯ เป็นไฟล์ .img แล้วนำมาเขียนลง SD Card

การติดตั้งโดยใช้ NOOBS

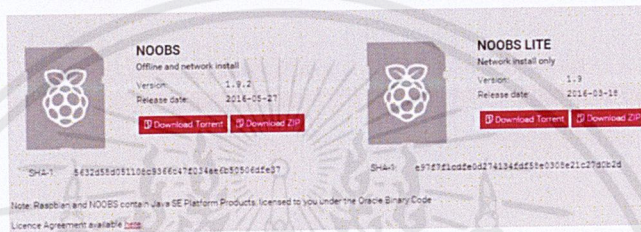
สิ่งที่จำเป็นต้องมี ได้แก่

1. Raspberry Pi จะเป็น Model A, Model B, Pi 2, Pi3 หรือ Pi 4 ฯลฯ
2. USB Type-C power supply สำหรับ Raspberry Pi
3. จอ Monitor
4. HDMI cable สำหรับต่อ Raspberry Pi กับ Monitor
5. USB Keyboard
6. USB Mouse
7. SD Card/ Micro SD card ความจุอย่างน้อย 8 GB ขึ้นอยู่กับรุ่นของบอร์ด Raspberry Pi ซึ่ง ถ้าเป็น Model A กับ Model B ใช้ SD Card ถ้าเป็น Model A+, Model B+, Pi 2 Model B, Pi Zero, Pi 3 Model B, Pi 4 Model B จะใช้ Micro SD Card
8. คอมพิวเตอร์ PC / Laptop

การติดตั้ง

1. ดาวน์โหลด NOOBS

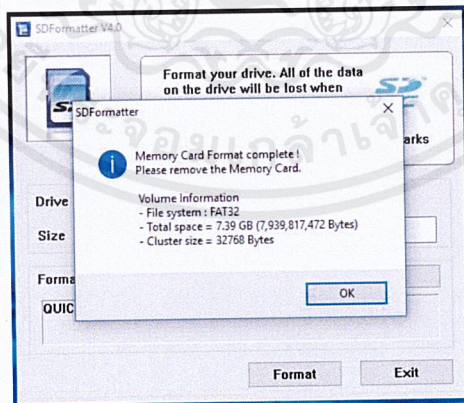
เราสามารถดาวน์โหลด NOOBS จากเว็บไซต์ <https://www.raspberrypi.org/downloads/noobs/> โดยในเว็บไซต์นี้จะมี NOOBS กับ NOOBS Lite ให้ดาวน์โหลด ซึ่ง NOOBS จะมี Raspbian มาให้แล้ว ซึ่งไม่ต้องดาวน์โหลดผ่านอินเทอร์เน็ตภายหลัง แต่ NOOBS Lite ทุก OS จะต้องโหลดผ่านอินเทอร์เน็ตทั้งหมด



ไฟล์ OS ที่ใช้ในการติดตั้งบนบอร์ด raspberry pi

2. เตรียม SD Card

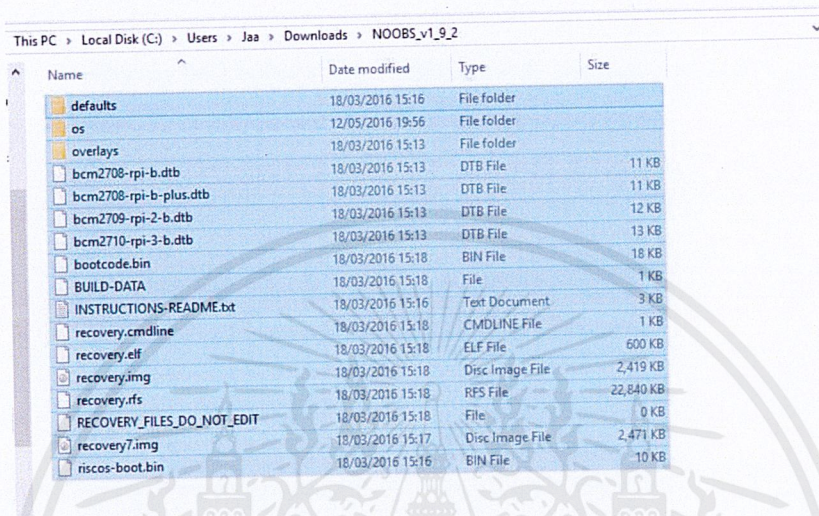
ดาวน์โหลดโปรแกรม SD Formatter มาติดตั้งในคอมพิวเตอร์ จากนั้นทำการ Format SD Card โดยใช้ SD Formatter



การ format card ผ่าน โปรแกรม SD Formatter

3. การติดตั้ง NOOB บน SD Card

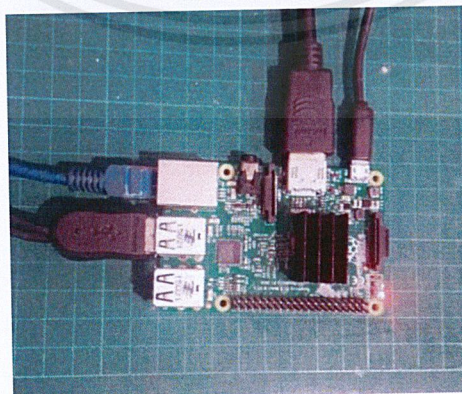
ไฟล์ NOOBS ที่เราได้จะเป็นไฟล์ .zip แยกไฟล์ .zip ออกจะได้ไฟล์ต่างๆดังรูป 3.37 จากนั้นทำการ copy ไฟล์ทั้งหมดไปวางไว้ใน SD Card ที่เราฟอร์แมตไว้



ไฟล์ที่ได้หลังจากการแตกไฟล์ .zip

4. การนำ SD Card ไปใช้กับ Raspberry Pi

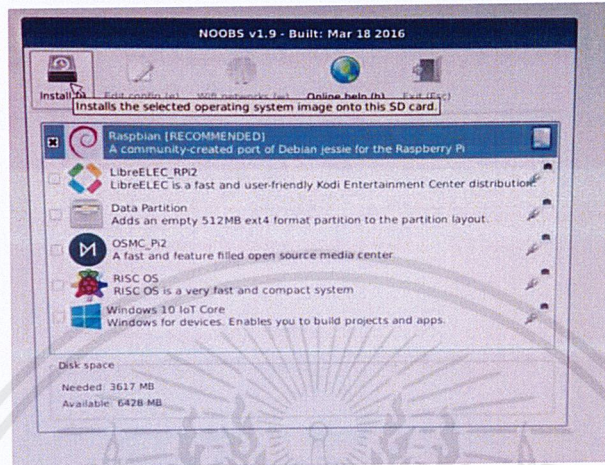
นำ SD card ที่ลง NOOBS แล้วใส่ในช่อง SD Card ของ Raspberry Pi ต่อพอร์ตต่างๆ ได้แก่ Mouse, Keyboard, Micro HDMI ต่อกับจอ monitor จากนั้นจึงต่อกับ Power Supply



บอร์ด Raspberry Pi เมื่อต่อกับพอร์ตต่างๆ

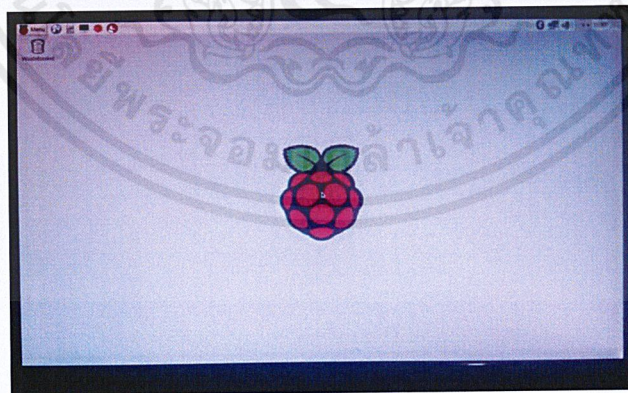
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและ 77 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเสียบ Power หน้าจอจะขึ้นหน้าต่างให้เลือกที่จะลง OS อะไร โดยเราจะเลือก Raspbian ซึ่งที่
บาร์ข้างล่างจะมีให้เลือกภาษาตั้งต้น โดยเลือกเป็น English (UK) เมื่อตั้งค่าเสร็จ กดปุ่ม Install ที่ด้านบน
ซ้าย จากนั้นให้รอการติดตั้งจนเสร็จ



หน้าต่างการเลือก OS ของบอร์ด Raspberry Pi

เมื่อรีบูตขึ้นมาใหม่แล้ว จะเข้าสู่หน้า Desktop ของ Raspbian ซึ่งถือเป็นการเสร็จสิ้นขั้นตอนการติดตั้ง
OS บนบอร์ด Raspberry Pi



หน้าจอหลังจากการติดตั้ง OS บนบอร์ด Raspberry Pi สำเร็จ

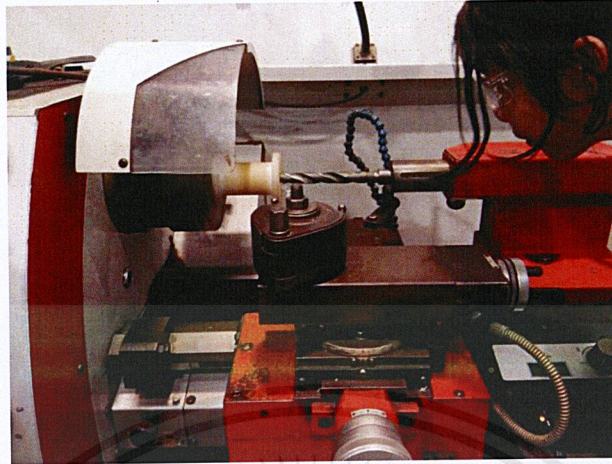
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาแล 78 องศาอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการประกอบเครื่องมือ

1. กลึงล้อให้ได้ขนาดตามที่ได้ออกแบบไว้

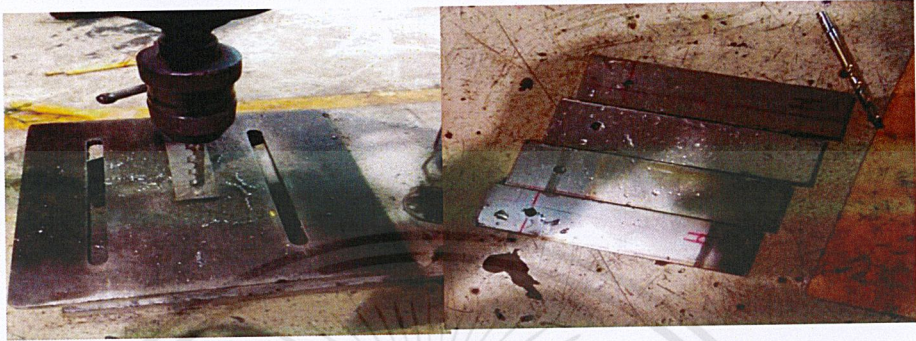


2. นำเศษวัสดุเหลือใช้ที่ทำจากสแตนเลส มาตัดด้วยเครื่องเจียร์ไฟฟ้าหรือลูกหมูขนาด 4 นิ้ว เพื่อทำชิ้นส่วนที่ใช้ในการยึดโครงสร้างกับล้อ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและ 80 องศาอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำชิ้นงานมาตัดด้วยเครื่องเลื่อยไฟฟ้าจนได้ชิ้นงานออกมาและนำชิ้นงานนั้นมาเจาะรูเพื่อใช้เป็นตัวยึดระหว่างโครงสร้างของเครื่อง

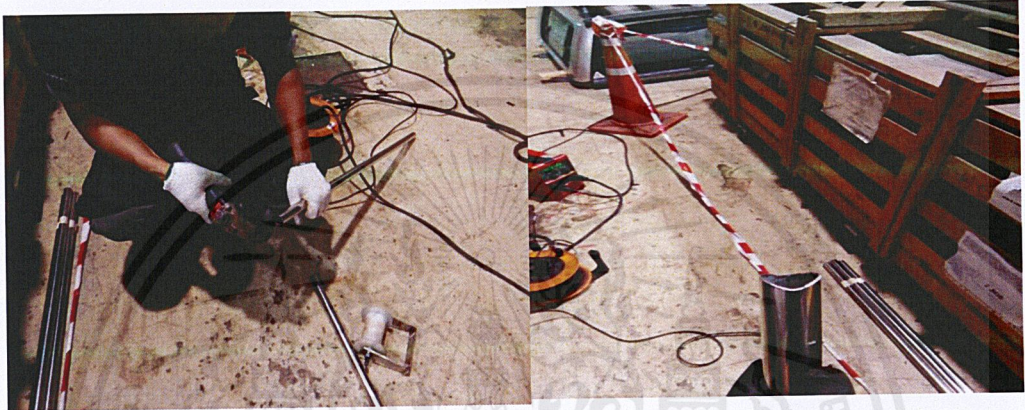


- นำชิ้นงานมาประกอบกันเพื่อให้ได้ตัวเชื่อมระหว่างล้อกับ โครงสร้างส่วนบน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ 81 งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. จัดทำโครงสร้างส่วนบนของตัวเครื่อง โดยเชื่อมชิ้นส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน โดยติดกัน จะต้องมีการบากร่องเพื่อให้ชิ้นงานทั้ง 2 ชั้นมีการแนบสนิทกันมากที่สุด เพื่อให้ชิ้นงานหลังจากการเชื่อมมีความแข็งแรง

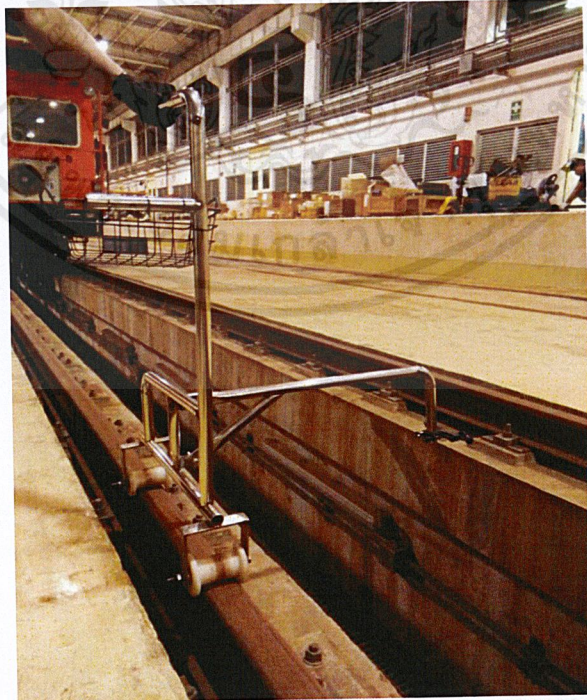


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ 82 งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทำการเชื่อมชิ้นส่วนต่างๆที่ทำหน้าที่เป็นตัวยึดจับกล่องให้เรียบร้อย



7. ประกอบชิ้นส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้อุปกรณ์ที่สมบูรณ์พร้อมใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและ 83 งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

คู่มือการใช้เครื่องตรวจจับความเสียหายของรางที่สาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาแล84องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้เครื่องตรวจจับความเสียหายของรางที่สาม

1. ติดตั้งสายเชื่อมต่อระหว่างกล่องและบอร์ด Raspberry pi
2. ติดตั้งแฟลชไดร์ฟลงบนบอร์ด Raspberry pi
3. ติดตั้ง Power Bank ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้แก่บอร์ด Raspberry pi
4. รอจนกว่าดวงไฟสีแดงจะแสดงขึ้น โดยดวงไฟสีแดง มีความหมายว่า พร้อมใช้งาน
5. เซ็นอุปกรณ์ตรวจจับความเสียหายของรางที่สามบนรางที่ใกล้กับรางที่สามในบริเวณพื้นที่การทำงาน
6. เมื่อมีดวงไฟสีแดงแสดงขึ้น นั้นหมายความว่า บริเวณตรงนั้นเกิดความเสียหายแก่รางที่สาม ดังนั้นเมื่อดวงไฟสีแดงแสดงขึ้น ให้จดตำแหน่ง chainage ณ บริเวณนั้นลงในใบ track patrol on foot
7. เมื่อปฏิบัติงานในพื้นที่ทำงานเสร็จแล้ว ให้ถอดแหล่งจ่ายพลังงานออกก่อนเป็นอันดับแรก
8. ถอดแฟลชไดร์ฟออกจากบอร์ด Raspberry pi
9. ถอดสายเชื่อมต่อระหว่างกล่องและบอร์ด Raspberry pi

การจดบันทึกความเสียหายที่เกิดขึ้นกับรางที่สาม




ในการปฏิบัติงานในพื้นที่ทำงาน จะมีการบันทึกความเสียหายที่เกิดขึ้นผ่านใบ track patrol on foot ซึ่งจะมีการบันทึกวันที่ปฏิบัติงาน พื้นที่ในทำงาน ตำแหน่งที่พบความเสียหาย เป็นต้น โดยใช้รูปแบบของ ใบ track patrol on foot ดังรูปต่อไปนี้

Track Patrol on Foot

Work Order No.: _____ Inspected Date: _____ Location: _____
 Required tools: N/A Required staffs: 1 engineer, 1 technician TRW, 1 technician TRD
 Inspection Interval : Mainline (W2) DEPOT (M2)

⚠ Qualification and Safety Precaution ⚠
 1. Staff must be qualified basic technical skilled before perform works.
 2. Precision measuring tools must be calibrated and not over due.
 3. ALWAYS use Personal Protective Equipment (PPE)

Required Personal Protective Equipment (PPE)

Vest Safety Shoes Respirator

Defect found after inspection: No
 Yes (please define the failure in the table below)

L= Left / R= Right

Item	Description	L	R	Chainage/bound	Amount	Action	Remark
1						<input type="checkbox"/> Monitor <input type="checkbox"/> CM <input type="checkbox"/> Other (add in Remark)	
2						<input type="checkbox"/> Monitor <input type="checkbox"/> CM <input type="checkbox"/> Other (add in Remark)	
3						<input type="checkbox"/> Monitor <input type="checkbox"/> CM <input type="checkbox"/> Other (add in Remark)	
4						<input type="checkbox"/> Monitor <input type="checkbox"/> CM <input type="checkbox"/> Other (add in Remark)	
5						<input type="checkbox"/> Monitor <input type="checkbox"/> CM <input type="checkbox"/> Other (add in Remark)	
6						<input type="checkbox"/> Monitor <input type="checkbox"/> CM <input type="checkbox"/> Other (add in Remark)	
7						<input type="checkbox"/> Monitor <input type="checkbox"/> CM <input type="checkbox"/> Other (add in Remark)	
8						<input type="checkbox"/> Monitor <input type="checkbox"/> CM <input type="checkbox"/> Other (add in Remark)	
9						<input type="checkbox"/> Monitor <input type="checkbox"/> CM <input type="checkbox"/> Other (add in Remark)	
10						<input type="checkbox"/> Monitor <input type="checkbox"/> CM <input type="checkbox"/> Other (add in Remark)	
11						<input type="checkbox"/> Monitor <input type="checkbox"/> CM <input type="checkbox"/> Other (add in Remark)	
12						<input type="checkbox"/> Monitor <input type="checkbox"/> CM <input type="checkbox"/> Other (add in Remark)	

In case the defects have been marked "CM", the CM Work Order MUST be issued for fixing the problem.

The involved Work Order no. is:

Inspected by: _____ Section Manager/ Supervisor: _____

Date: _____ Date: _____

Scheduled Maintenance TRW M&E Maintenance Services Forms	MO CS MRTA	Uncontrolled if printed out or copied	2
	11 AUG 2015	Refer to: PWZ-TRW-30000-0001-*	of
		MNT Plan No:	2

ไป track patrol on foot

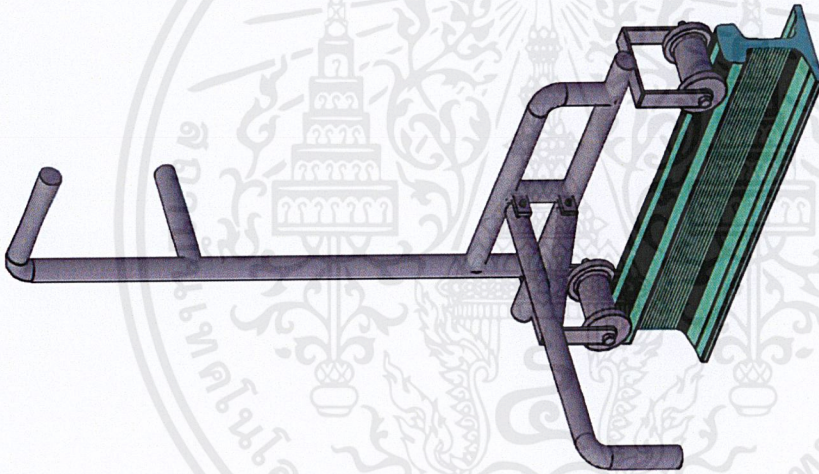
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาแล 86 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง

การออกแบบผ่านโปรแกรม AutoCAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาแล87องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title : TRD inspector

Unit : mm.

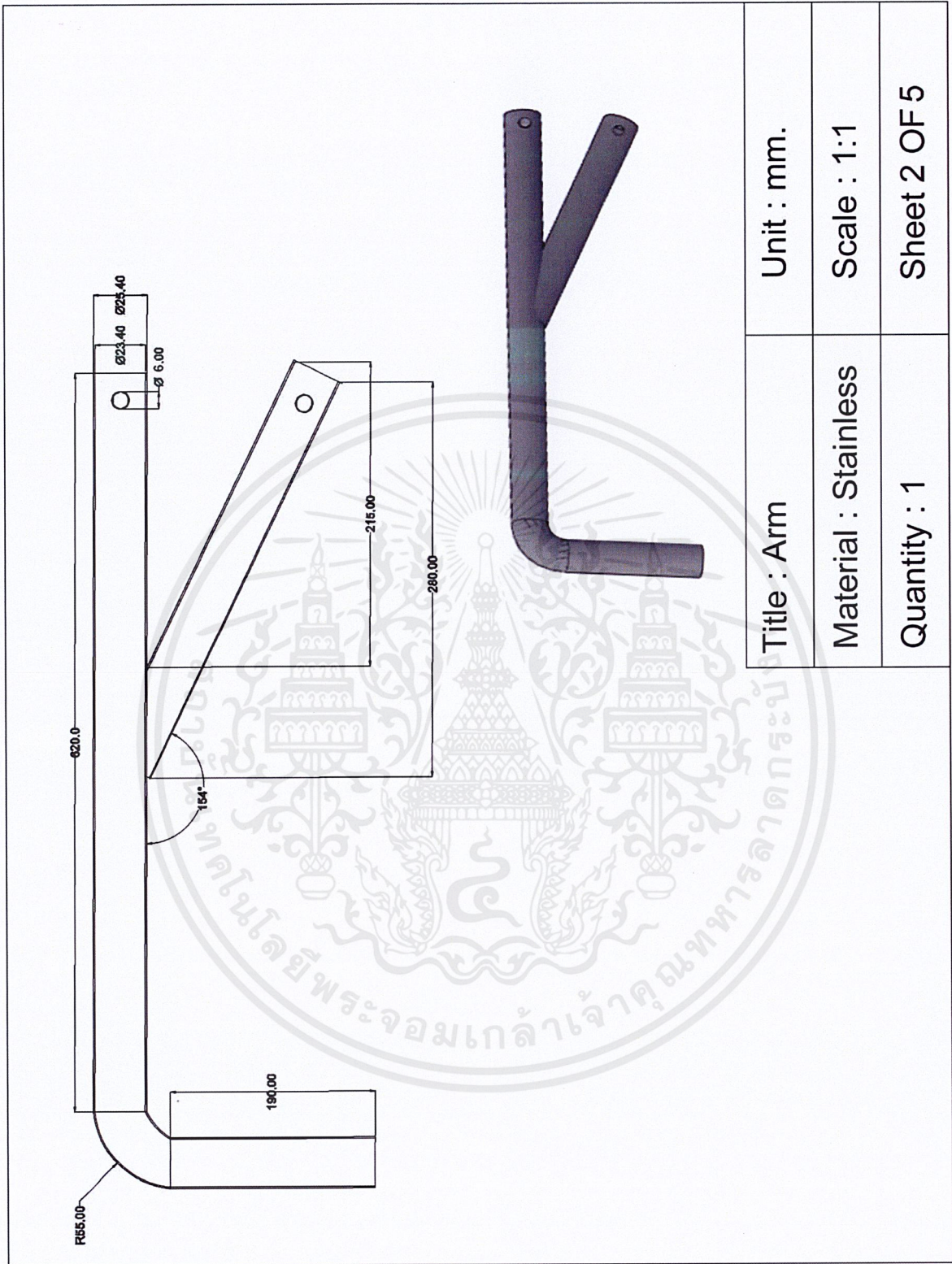
Material : Stainless

Scale : 1:1

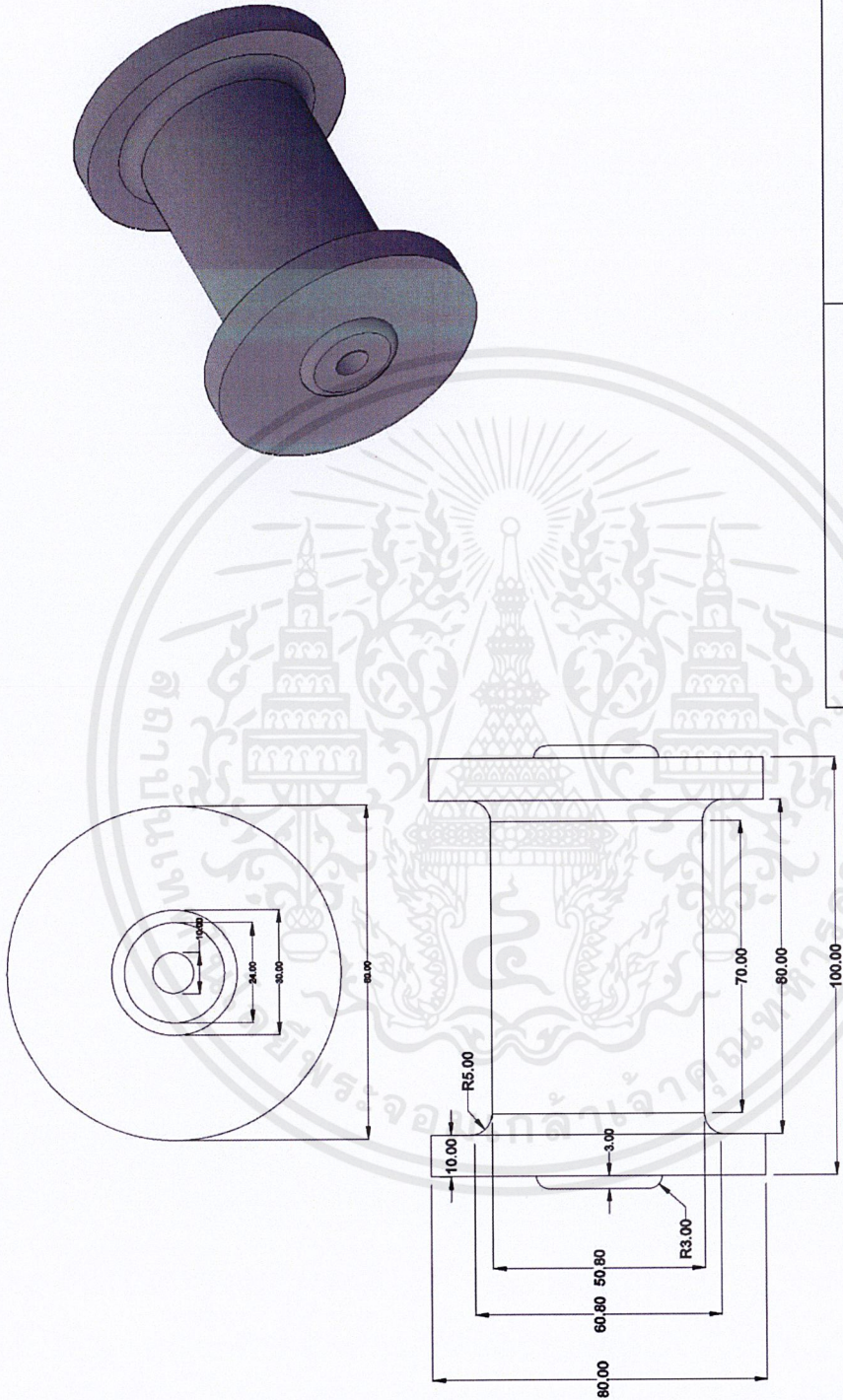
Quantity : 1

Sheet 1 OF 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาแล 88 อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

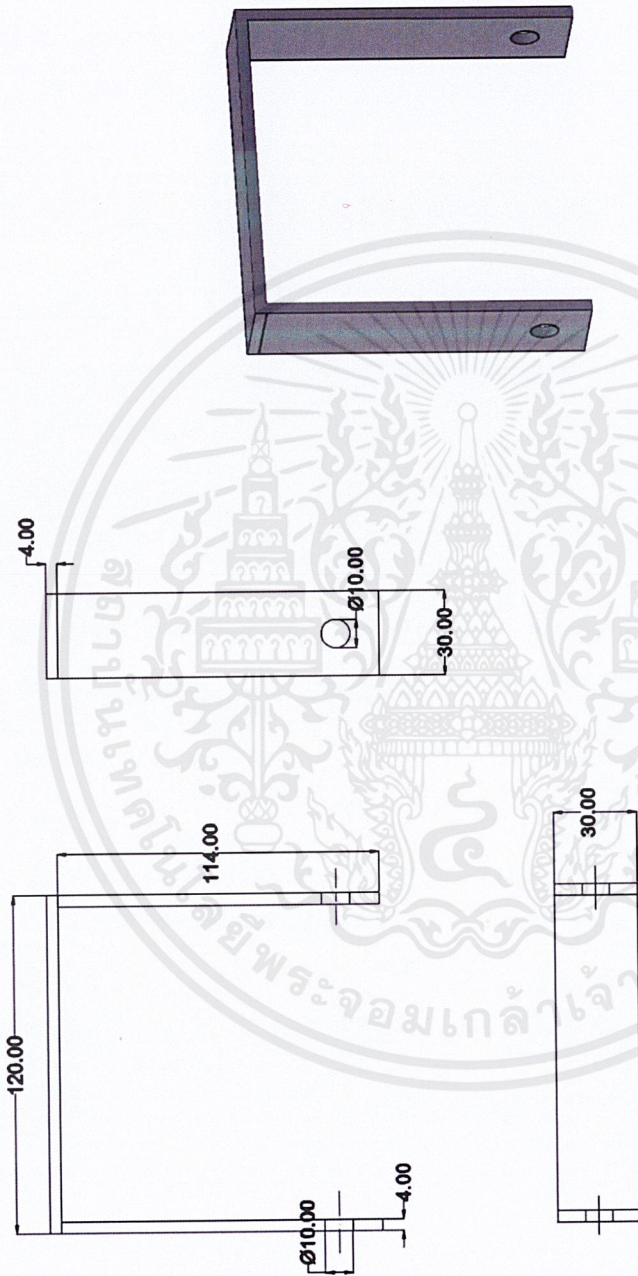


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาแล89องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



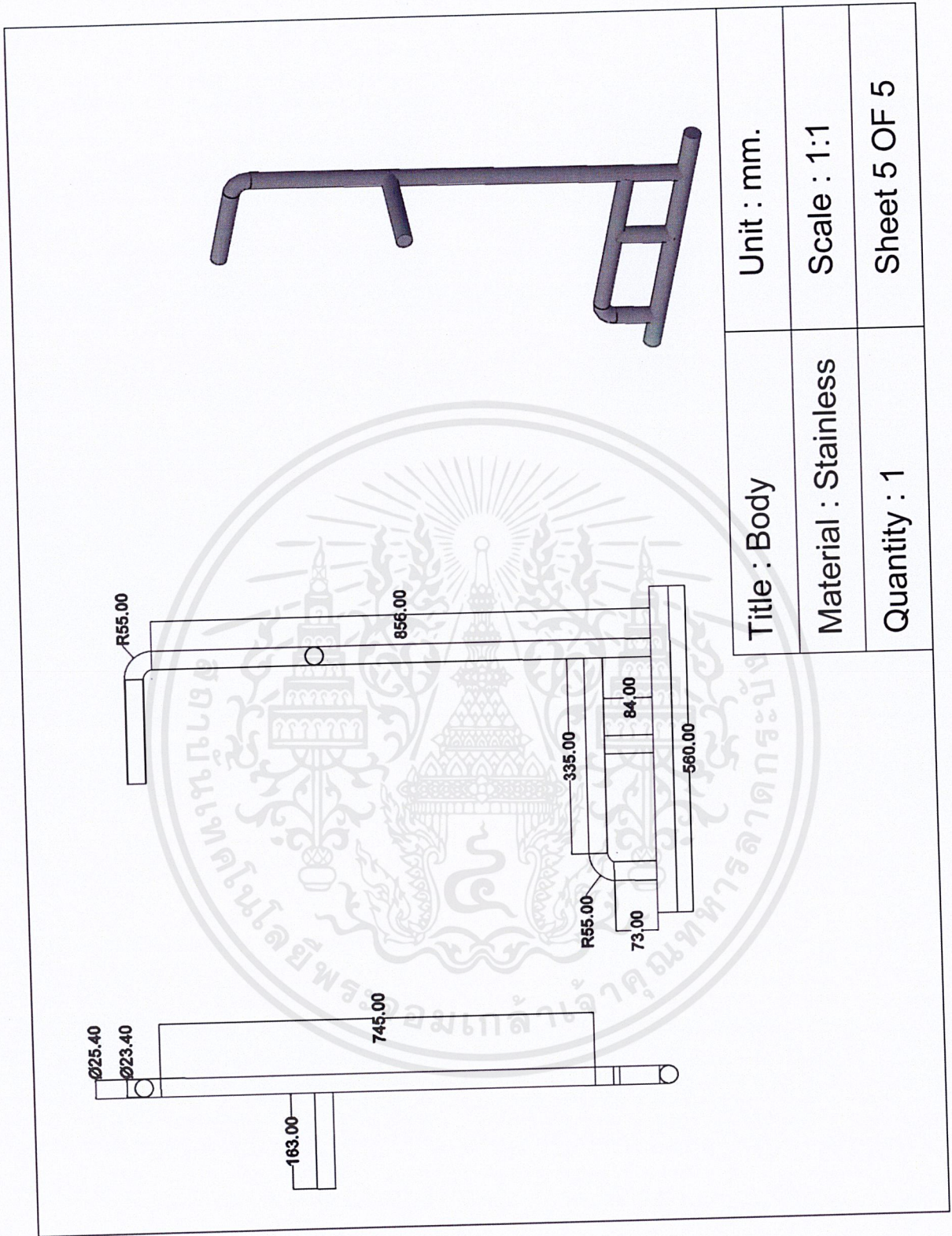
Title : Wheel	Unit : mm.
Material : Superlene	Scale : 1:1
Quantity : 2	Sheet 3 OF 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาแล 90 องศา ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title : connector	Unit : mm.
Material : Stainless	Scale : 1:1
Quantity : 2	Sheet 4 OF 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาแล 91 ้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title : Body	Unit : mm.
Material : Stainless	Scale : 1:1
Quantity : 1	Sheet 5 OF 5