

การวิเคราะห์เสถียรภาพเปลวไฟสำหรับเตาเผาเชื้อเพลิงฝุ่น

FLAME STABILIZATION DIAGNOSIS FOR PULVERIZED BURNER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สาขาขนส่งทางราง

คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การวิเคราะห์เสถียรภาพเปลวไฟสำหรับเตาเผาเชื้อเพลิงฝุ่น



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สาขาขนส่งทางราง

คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

FLAME STABILIZATION DIAGNOSIS FOR PULVERIZED BURNER



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELLOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2020

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรวิศวกรรมขนส่งทางราง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การวิเคราะห์เสถียรภาพเปลวไฟสำหรับเตาเผาเชื้อเพลิงฝุ่น

FLAME STABILIZATION DIAGNOSIS FOR PULVERIZED BURNER

ผู้จัดทำ

1. นางสาวฐิติยา หนองเหล็ก รหัสประจำตัว 60010267
2. นางสาวณัฐริการ์ เชียงหนู รหัสประจำตัว 60010328
3. นางสาวกัญทิพย์ สุนทรวิภาต รหัสประจำตัว 60010874

ภรณ์เพ็ญ ลภรัตน์กุล

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.ภรณ์เพ็ญ ลภรัตน์กุล)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การวิเคราะห์เสถียรภาพเปลวไฟสำหรับเตาเผาเชื้อเพลิงฝุ่น

ฐิติยา	หนองเหล็ก	60010267
ณัฐริการ์	เชียงใหม่	60010328
ฤทัยทิพย์	สุนทรวิภาต	60010874
ผศ.ดร. ภรณ์เพ็ญ	ลภีรัตนากุล	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อการศึกษาการตรวจจับเสถียรภาพของเปลวไฟต่อการเผาไหม้ โดยใช้การประมวลผลภาพที่เขียนโปรแกรมตามอัลกอริทึม ซึ่งขอบเขตงานวิจัยนี้คือ การใช้ไลบรารีฟังก์ชันการเขียนโปรแกรม OpenCV สำหรับภาษาไพธอน(Python) กับภาพถ่ายเปลวไฟที่ได้มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหิน ด้วยกล้องความเร็วสูง CCD โดยในช่วงแรกของการศึกษาเป็นการนำภาพเปลวไฟที่ได้มาจากการเผาไหม้ไม่อย่างพาราอัดเมตที่อัตราการเผาไหม้ 250 kW โดยวิธี Otsu's threshold พบว่าในช่วงที่ไฟดับมีการตรวจจับผนังเตาขึ้นมาเป็นเปลวไฟ จึงได้พัฒนาอัลกอริทึมขึ้นมาใหม่เรียกว่า Modify Method โดยทำการลดความสว่างของผนังเตา ซึ่งจะแปลงภาพสี RGB เป็นภาพขาวดำโดยวิธี Fixed threshold โดยผลลัพธ์ของเปลวไฟและอนุภาคที่ได้มีความสอดคล้องกับภาพสี RGB จากนั้นจึงนำภาพขาวดำที่ได้ไปสร้างกราฟเพื่อดูปริมาณร้อยละของเปลวไฟแล้วนำมาเปรียบเทียบกับภาพขาวดำ พบว่ากราฟกับภาพขาวดำที่ได้มีความสัมพันธ์กัน จากนั้นจึงทำการทดลองกับภาพเปลวไฟที่ได้มาจากการเผาไหม้ถ่านหินที่อัตราการเผาไหม้ 200 kW และ 300 kW โดยใช้วิธี Otsu's Threshold ในการประมวลผลภาพ พบว่าที่อัตราการเผาไหม้ 300 kW มีความเสถียรน้อยกว่า 200 kW ซึ่งขัดแย้งกับผลการตรวจวัดอุณหภูมิและองค์ประกอบก๊าซไอเสีย เนื่องจากที่อัตราการเผาไหม้สูง เปลวไฟถูกอิทธิพลการพัดพา ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่รุนแรงในห้องเผาไหม้หลัก แต่กล้องถูกติดตั้งบริเวณห้องเผาไหม้ช่วยจึงทำให้การตีความไม่สอดคล้องกับการเผาไหม้จริง จึงควรมีการปรับปรุงตำแหน่งติดตั้งในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Flame Stabilization Diagnosis for Pulverized Burner

Thitiya	Nonglek	60010267
Nattarika	Siangnoo	60010328
Ruthaithip	Suntornwipart	60010874
Asst.Prof.Dr. Ponepen	Laphirattanakul	Advisor

Year 2020

Abstract

This thesis aims to study the detection of the stability of flame to combustion. Using an image processing program according to an algorithm Which the scope of this research is Using the OpenCV Programming Functional Library for Python with a flame photograph obtained from burning coal fuel. In the early part of the study, the flame obtained from the burning of rubber pellets at a burning rate of 250 kW was performed using Otsu's threshold method. Misinterpretation was observed. Therefore, a new algorithm called Modify Method by reducing the brightness of the furnace wall was developed. It converts RGB images to binary by fixed threshold method. The result of flame and particles were correlated with the RGB color image. The images have been experimented from coal-burning at a rate of 200 kW and 300 kW using Otsu's Threshold method. Camera based was shown that the stability of 300 kW was less than 200 kW, contradicting the results of temperature and flue gas composition measurements. Due to the high rate of burning the flames were influenced by convection. This causes from more intense combustion occurred in the main combustion chamber. But the camera was installed in the combustion chamber, resulting in inconsistent with the actual combustion. Therefore, the installation location should be improved in the future

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจาก ผศ.ดร.ภรณ์เพ็ญ ลภีรัตนากุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ สั่งสอน และให้คำปรึกษา รวมถึงถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ ทางคณะผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอพระคุณเป็นอย่างสูง รวมทั้งขอขอบพระคุณคณาจารย์ พี่ๆ และเพื่อนๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกรวิจัยในครั้งนี้ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นอย่างยิ่งที่ให้การสนับสนุนการศึกษา และสถานที่ในการจัดทำวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดามารดา ครอบครัว และเพื่อนๆ ที่คอยให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ตลอดมา ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณยิ่ง

ฐิติยา หนองเหล็ก
ณัฐริการ์ เชียงหนู
ฤทัยทิพย์ สุนทรวิภาต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 สมมติฐานการศึกษา	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย	2
1.5 ขั้นตอนการศึกษา	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์	4
บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
3.1 การประมวลผลภาพ	7
3.2 องค์ประกอบและชนิดของภาพ	9
3.2.1 ประเภทของภาพและองค์ประกอบ	9
3.2.1.1 ภาพเวกเตอร์ (Vector)	9
3.2.1.2 ภาพบิตแมพ (Bitmap)	10
3.2.2 ชนิดของภาพ	11
3.2.2.1 ภาพทั่วไป (RGB Image, True Color Image)	11
3.2.2.2 ภาพระดับภาพสีเทา (Grayscale Image)	12
3.2.2.3 ภาพขาว-ดำ (Binary Image)	12
3.3 การปรับปรุงภาพ	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีโทษทางแพ่งและอาญา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.3 การแบ่งระดับความเข้มภาพ	14
3.3.4 การกรองแบบความถี่ต่ำผ่าน	14
3.3.5 การกรองแบบความถี่สูงผ่าน	14
3.4 การแปลงภาพสี RGB ให้เป็นภาพระดับสีเทา	15
3.5 การแปลงภาพระดับสีเทาให้เป็นภาพขาว-ดำ	15
3.5.1 Fixed Thresholding Method	16
3.5.2 Adaptive Thresholding Method	16
3.6 การแยกบริเวณรูปภาพ	18
3.6.1 Region based segmentation	18
3.6.2 Edge based segmentation	18
3.7 OpenCV	19
3.8 แสง สี สเปกตรัม ละความยาวคลื่น	19
3.8.1 แสง	19
3.8.2 สี สเปกตรัม และความยาวคลื่น	19
3.9 องค์ประกอบของอุปกรณ์รับภาพ	20
3.9.1 กล้อง	20
3.9.2 เลนส์และระยะโฟกัส	21
3.9.3 ความสัมพันธ์ระหว่างรูรับแสง ความเร็วชัตเตอร์ ค่าความไวแสง และภาพ	22
บทที่ 4 อุปกรณ์ และขั้นตอนการดำเนินงาน	24
4.1 อุปกรณ์	24
4.1.1 ระบบการเผาไหม้	24
4.1.1.1 ห้องเผาไหม้	24
4.1.1.2 ระบบป้อนเชื้อเพลิง	25
4.1.1.3 ระบบจ่ายอากาศ	27
4.1.1.4 ระบบบำบัด	29
4.1.1.5 PLC	31
4.1.2 ระบบการตรวจวัด	31
4.1.2.1 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุที่เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.2.2 อุปกรณ์วัดแก๊สไอเสีย	32
4.1.2.3 กล้องFLIR Blackfly-s	33
4.1.2.4 อุปกรณ์การแปลงภาพ	34
4.2 ขั้นตอนการดำเนินการ	39
4.2.1 เงื่อนไขการทดลอง	39
4.2.2.1 องค์ประกอบธาตุทางเคมีของเชื้อเพลิงต่างๆ	39
4.2.2.2 สมการการเผาไหม้ถ่านหิน	41
4.2.2 การบันทึกผล	42
4.2.3 การประมวลผล	44
4.2.3.1 ขั้นตอนและวิธี	44
4.2.3.2 การพัฒนาอัลกอริทึม	48
บทที่ 5 ผลการทดลอง และการอภิปรายผลการทดลอง	54
5.1 ผลการทดลองจับภาพหาความเสถียรของเปลวไฟจากเชื้อเพลิงไม้ยางพารา	54
อัดเม็ด	
5.2 ผลการทดลองจับภาพหาความเสถียรของเปลวไฟจากเชื้อเพลิงถ่านหิน	58
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	65
เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก ก. โค้ดที่ใช้ในการเขียนอัลกอริทึมต่างๆ	69
ก. การรับภาพ แสดงผลภาพ และบันทึกภาพ	70
ข. การแปลงภาพสีเป็นขาวดำด้วยวิธี Otsu's threshold , Fixed threshold	70
ค. การแยก Particle และ Flame ออกจากกัน	71
ง. การลดค่าความสว่างของผนังเตา	72
จ. การหาพื้นที่เปลวไฟทั้งหมดที่พิจารณา (ROI)	74
ฉ. การสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของเปลวไฟกับเวลาโดยมีข้อมูล	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบของไม้อย่างพาราอัดเม็ด	40
ตารางที่ 4.2 แสดงส่วนประกอบของถ่านหิน Sub-bituminous	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	6
3.1	7
3.2	8
3.3	8
3.4	9
3.5	9
3.6	10
3.7	11
3.8	12
3.9	12
3.10	13
3.11	14
3.12	15
3.13	16
3.14	17
3.15	18
3.16	19
3.17	20
3.18	21
3.19	23
4.1	24
4.2	25
4.3	25
4.4	26
4.5	26
4.6	27
4.7	27
4.8	28
4.9	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับอาจารย์ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีการนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10 Pressure transmitter	29
4.11 Wet Scrubber	29
4.12 ทางออกของระบบบำบัดไอเสียและพัดลมดูดไอเสีย	30
4.13 บ่อพักน้ำ	30
4.14 จอแสดงผล PLC	31
4.15 ไตอะแกรมการติดตั้ง Thermocouple Type K	32
4.16 Thermocouple Type K	32
4.17 รูปบอกตำแหน่ง T7	33
4.18 เครื่องวัดแก๊สไอเสีย Testo 330LL	33
4.19 กล้อง Flir Blackfly-S	34
4.20 หน้าต่างแสดงผลหน้าแรกของโปรแกรม SpinView	34
4.21 หน้าต่างเว็บไซต์ www.python.org/downloads	35
4.22 โปรแกรม Python ในรุ่นต่างๆ	36
4.23 หน้าต่างที่แสดงผลการติดตั้งสำเร็จ	36
4.24 หน้าต่างเว็บไซต์ www.code.visualstudio.com	37
4.25 หน้าต่างการดาวน์โหลดโปรแกรม	38
4.26 หน้าตาของโปรแกรมที่ติดตั้งสำเร็จ	38
4.27 แผนผังเงื่อนไขการดำเนินการวิจัย	39
4.28 บริเวณที่ติดตั้งกล้อง	42
4.29 ลักษณะการติดตั้งกล้อง	42
4.30 โปรแกรม SpinView	42
4.31 ภาพสี RGB จากการเก็บภาพ	43
4.32 ภาพ Gray Scale จากการประมวลผลภาพ	43
4.33 ภาพ Binary จากการประมวลผลภาพ	43
4.34 แผนผังอัลกอริทึม Fixed Threshold	44
4.35 ภาพสี RGB ที่ใช้ในวิธี Fixed Threshold	45
4.36 ภาพสีเทา (Gray scale) จากวิธี Fixed Threshold	45
4.37 ภาพขาวดำ (Binary) จากวิธี Fixed Threshold	45
4.38 แผนผังอัลกอริทึม Otsu's Threshold	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.39 ภาพสี RGB ที่ใช้ในวิธี Otsu's Threshold	47
4.40 ภาพสีเทา (Gray scale) จากวิธี Otsu's Threshold	47
4.41 ภาพขาวดำ (Binary) จาก วิธี Otsu's Threshold	47
4.42 แผนผังอัลกอริทึมการลดความสว่างของผนังเตา	48
4.43 ภาพสี RGB ที่ผนังเตาชัดเจนที่สุดขณะไฟดับ	49
4.44 ภาพขาวดำที่พบจำนวนพิกเซลเกาะกลุ่มขนาดใหญ่	49
4.45 ภาพขาวดำที่มีการกำหนดค่าว่าเป็นส่วนของผนังเตา	50
4.46 ภาพสี RGB ที่ได้รับการแก้ไขแล้ว	50
4.47 ภาพสีเทา (Gray scale) ของภาพสี RGB ที่ได้รับการแก้ไขแล้วของวิธี Otsu's Threshold	51
4.48 ภาพขาวดำของภาพที่ได้รับการแก้ไขแล้วของวิธี Otsu's Threshold	51
4.49 ภาพขาวดำ (Binary) ของรูปที่ 4.41	52
4.50 ภาพสีเทา (Gray scale) ของภาพสี RGB ที่ได้รับการแก้ไขแล้วของวิธี Fixed Threshold	52
4.51 ภาพขาว-ดำ (Binary) ของภาพสี RGB ที่ได้รับการแก้ไขแล้วของวิธี Fixed Threshold	53
5.1 กราฟเปรียบเทียบ Flame at 250 kW Thermal	55
5.2 กราฟเปรียบเทียบ Particle at 250 kW Thermal	56
5.3 ภาพเปลวไฟจากการเผาไหม้ที่อัตราการเผาไหม้ 200 kW	58
5.4 ภาพเปลวไฟจากการเผาไหม้ที่อัตราการเผาไหม้ 300 kW	59
5.5 ภาพ Binary ที่มีแต่ flame	60
5.6 ภาพ Binary ที่มีแต่ particle	60
5.7 กราฟ Flame at 200 kW Thermal	61
5.8 กราฟ Flame at 300 kW Thermal	62
5.9 กราฟองค์ประกอบในแก๊สไอเสียหลังการเผาไหม้	63
5.10 กราฟการกระจายตัวของอนุภาคน้ำมันในห้องเผาไหม้	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในอุตสาหกรรมโรงไฟฟ้านั้น ได้มีการเริ่มที่จะหันมาทดลองใช้เชื้อเพลิงชีวมวลมากขึ้น เนื่องจากว่าเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ (Fossil Fuel) ส่งผลให้เกิดมลพิษอย่างมาก ส่วนเชื้อเพลิงชีวมวลนั้นไม่มีการเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ แต่มีข้อเสียคือ พลังงานความร้อนที่ได้มีค่าต่ำและมีความชื้นสูง ทำให้เปลวไฟที่ได้จากการเผาไหม้ไม่คงที่ ซึ่งส่งผลให้พลังงานที่ได้น้อยกว่าพลังงานที่ใส่เข้าไป จึงต้องมีการตรวจวัดสมรรถนะการเผาไหม้ เพื่อแก้ไขปัญหาลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ไม่เพียงพอ

การตรวจวัดสมรรถนะการเผาไหม้นั้น เป็นการตรวจวัดการเผาไหม้ที่จะทำให้ทราบได้ว่า ในขณะนั้นการเผาไหม้มีประสิทธิภาพดีหรือมีประสิทธิภาพลดลงเพียงใด พลังงานที่ได้นั้นมีเพียงพอหรือไม่ จึงต้องมีการติดตั้งตัวควบคุมและออกแบบเซ็นเซอร์ เพื่อตรวจวัดพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ โดยการติดตั้งตัวควบคุมและออกแบบเซ็นเซอร์นี้ จะช่วยปรับปรุงสมรรถนะการเผาไหม้ได้ เนื่องจากการประมวลผลพลังงานผ่านระบบคอมพิวเตอร์ ที่สามารถวิเคราะห์สมรรถนะการเผาไหม้และแก้ไขได้โดยการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่ระบบการเผาไหม้ได้จากการสั่งงานผ่านระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งวิธีการตรวจจับสนั้นมีหลากหลายวิธี เช่น การตรวจจบก๊าซไอเสีย การตรวจจบบุณหภูมิ การตรวจจับความดัน และการตรวจจับเปลวไฟ เป็นต้น ซึ่งการตรวจจบก๊าซไอเสีย และการตรวจจบบุณหภูมิ ซึ่งเป็นวิธีที่แสดงผลค่อนข้างช้า เนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินผสมเชื้อเพลิงชีวมวลนั้น มีเสถียรภาพในการเผาไหม้ที่ไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในระยะเวลาอันสั้น หากอุปกรณ์ตรวจจับมีการตอบสนองช้าอาจทำให้ไม่สามารถรักษาเสถียรภาพการเผาไหม้ได้

ดังนั้น โครงการของเราจึงได้เลือกการตรวจจับเปลวไฟโดยวิธีการประมวลผลภาพ (Image Processing) เพราะเป็นวิธีที่สามารถแสดงผลได้อย่างทันที (Real-time) จากนั้นก็นำภาพแต่ละเฟรมมาวิเคราะห์ทีละพิกเซล (Pixel) และทำการแปลงภาพเป็นภาพไบนารี (Binary) เพื่อแปลงผลเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงเสถียรภาพเปลว ซึ่งคาดว่าวิธีการนี้จะช่วยในการตรวจจับความเสถียรของเปลวไฟได้อย่าง

เอกสารนี้เป็น **แมนย่า** และรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1) เพื่อศึกษาการตรวจจับเสถียรภาพของเปลวไฟกับการเผาไหม้
- 2) เพื่อศึกษาการประมวลผลภาพด้วยการเขียนโปรแกรมตามอัลกอริทึม
- 3) เพื่อประยุกต์ใช้วิธีการประมวลผลภาพกับการตรวจจับเสถียรภาพของเปลวไฟ
- 4) เพื่อศึกษาปรับแก้อัลกอริทึมที่วางไว้จากการตรวจจับเสถียรภาพเปลวไฟจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม้ยางพาราอัดเม็ด
- 5) เพื่อนำอัลกอริทึมที่ทำการแก้ไขแล้วไปใช้กับการตรวจจับเสถียรภาพเปลวไฟจากการเผาไหม้ถ่านหินที่อัตราการเผาไหม้ 200 kW และ 300 kW

1.3 สมมติฐานการศึกษา

การประมวลผลภาพด้วย Image processing ผ่านกระบวนการ Otsu thresholding จะทำให้สามารถจำแนกความมีเสถียรภาพของเปลวไฟได้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

- 1) ฟังก์ชันการเขียนโปรแกรมที่เลือกใช้คือ Open CV แสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์แบบเรียลไทม์ (Real - Time) ร่วมกับการใช้ภาษาไพธอน (Python) ในการเขียนโปรแกรม
- 2) ใช้กล้องความเร็วสูง CCD (VIS) ถ่ายภาพสี FLIR รุ่น Blackfly-s ตอบสนองต่อความยาวคลื่นประมาณ 380 ถึง 740 นาโนเมตร (nm) ความละเอียดสูงสุด 1.6 ล้านพิกเซล (MP) และมีระบบความเร็วสูงสุด 226 เฟรมต่อวินาที (fps)
- 3) ภาพถ่ายเปลวไฟมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินที่อัตราการเผาไหม้ 200kW และ 300 kW

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

- 1) กำหนดหัวข้อ วัตถุประสงค์ และขอบเขตการวิจัย
- 2) ศึกษาค้นคว้าเอกสารและวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 3) ศึกษาการใช้งานกล้องที่ใช้ในการตรวจจับเปลวไฟ
- 4) ศึกษาการใช้งานPythonและOpenCV
- 5) เขียนโปรแกรมตามอัลกอริทึมที่วางไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- 6) ทดสอบโปรแกรมที่เขียน จากชุดข้อมูลของวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 7) ทำการทดลองการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล
- 8) เก็บภาพเปลวไฟที่ได้จากการเผาไหม้
- 9) ประมวลผลภาพที่ได้ เพื่อตรวจสอบความเสถียรของเปลวไฟ โดยการใช้โปรแกรม
- 10) วิเคราะห์ผลการทดลอง ปรับปรุงและพัฒนาระบบให้ดีขึ้น
- 11) สรุปผลการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) สามารถนำอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นนี้ไปประยุกต์ใช้กับงานจริงได้
- 2) ทักษะการเขียนโปรแกรม ในการประมวลผลภาพ
- 3) สามารถนำไปต่อยอดในเชิงอุตสาหกรรมได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทรรศน์

ในปัจจุบัน การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในอุตสาหกรรมโรงไฟฟ้า ได้มีการริเริ่มที่จะมาทำทดลองใช้เชื้อเพลิงชีวมวลมากขึ้น เนื่องจากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์(Fossil Fuel) ส่งผลให้เกิดมลพิษอย่างมาก ส่วนเชื้อเพลิงชีวมวลนั้นไม่มีการเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ แต่มีข้อเสียคือพลังงานความร้อนที่ได้มีค่าต่ำและมีความชื้นสูง ทำให้เปลวไฟที่ได้จากการเผาไหม้ไม่คงที่ จึงต้องมีการตรวจวัดสมรรถนะการเผาไหม้ เพื่อปรับปรุงสมรรถนะการเผาไหม้ได้ เพื่อแก้ไขปัญหาลังงานที่ได้จากการเผาไหม้นั้นไม่เพียงพอ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้อง ศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่มีผู้วิจัยมาก่อน เพื่อทราบถึง แนวคิด วิธีการทดสอบ ปัญหา ขั้นตอน และผลกระทบจาก การตรวจสอบสมรรถนะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ เพื่อมาออกแบบการทดลองของผู้วิจัยว่าวิธีการนี้จะช่วยในการตรวจจับความเสถียรของเปลวไฟและการประมวลผลภาพ (Image Processing) ได้

A.Gonzalez-Cencerrado และคณะ[1] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประมวลผลภาพ ซึ่งการทดลองจะทำภายใต้ความเสถียรแบบหมุนวน(swirl-stabilized)โดยใช้หัวเผาขนาดกึ่งอุตสาหกรรมทำที่ 500 kWth ระบบที่ใช้ในจับภาพเปลวไฟชั้นสูง การทดลองนี้จะใช้กล้อง CCD (อุปกรณ์ชาร์จคูล์) ซึ่งเป็นกล้องที่มีเฟรมเรทความเร็วสูง โดยการวิเคราะห์ถูกแบ่งออกเป็น 2 มิติ ได้แก่พารามิเตอร์ทางสถิติ และพารามิเตอร์ของการสัน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับอัตราส่วนอากาศปฐมภูมิ(primary air)ต่อเชื้อเพลิง ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นถึงความสมมาตรของเปลวไฟและระบบการสัน

Andrzej Smolarz และคณะ[2] ได้กล่าวถึง การควบคุมกระบวนการเผาไหม้เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน ใช้วิธีการวิเคราะห์ทางแสงและวิธีปัญญาประดิษฐ์(AI) การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบที่ช่วยให้สามารถประเมินคุณภาพของการทำงานของเตาเผาถ่านหินแบบบด(coal burner)ได้ขึ้นอยู่กับวิธีการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงในเฉพาะที่ของความสว่างของเปลวไฟเนื่องจากลักษณะแบบไม่เป็นเชิงเส้นและการขาดแบบจำลองการวิเคราะห์จึงใช้วิธีฟัซซี (fuzzy-neural methods) ใช้วิธีการในการประมาณพารามิเตอร์ที่เลือก การศึกษาที่อธิบายไว้ในบทความการปล่อย NO_x จากเตาเผาถ่านหินที่ถูกบดสามารถใช้ค่าประมาณที่คำนวณบนพื้นฐานของสัญญาณแสงได้ทันทีแทนสัญญาณล่าช้าจากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ การใช้แบบจำลอง neuro-fuzzy ช่วยให้สามารถกำหนดการปล่อยไนโตรเจนออกไซด์ด้วยความแม่นยำและเวลาซึ่งช่วยให้สามารถประยุกต์ใช้ในระบบควบคุมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น มิฉะนั้นผู้ใดที่เห็นชอบใช้เอกสารนี้ในการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น ย่อมต้องรับผิดชอบต่อผู้แต่งเอกสารและผู้จัดทำเอกสารฉบับนี้ไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

J. Matthesa และคณะ[3] ได้ทำการทดลองในห้องเผาไหม้ (Pilot-scale power plant BRENDA) พลังงานความร้อน 1 MW ในระหว่างการทดลองสามารถสังเกตเปลวไฟที่หัวเผาเชื้อเพลิงหลายอัน(multi-fuel burner) ได้จากกล้อง3ระบบ ได้แก่ 1) ระบบกล้องความเร็วสูง 2000 เฟรมต่อวินาที(fps) 2) ระบบกล้องช่วงไดนามิกสูง (HDR) 25 เฟรมต่อวินาที(fps) 3) กล้องNIR และ VIS 25 เฟรมต่อวินาที(fps)ซึ่งในวิจัยเล่มนี้ใช้ สเปกตรัม NIR และ VIS 25 เฟรมต่อวินาที (fps)

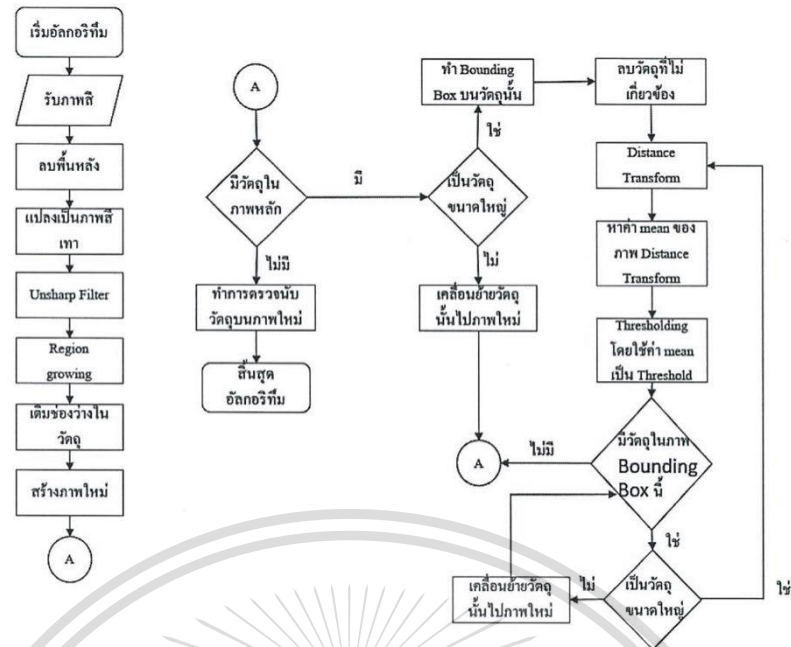
นอกจากนี้ยังศึกษาเกี่ยวกับการตรวจจับเปลวไฟเพื่อวัดความเสถียรของเปลวไฟ จาก camera base ซึ่งเป็นการวัดผลแบบทันที (real-time) โดยใช้วิธีการประมวลผลภาพ (image processing) เลือกใช้กล้องที่ไวต่อแสงในช่วงสเปกตรัมที่ตามองเห็น(VIS)และ ไกลอินฟราเรด(NIR) ใช้เฟรมเรทอยู่ที่ 25 fps การวัดเสถียรภาพเปลวไฟมี2วิธีคือ 1.การวัดเสถียรภาพเปลวไฟสำหรับการเผาไหม้แบบไม่สั่น (non- oscillating) 2.การวัดความเสถียรของเปลวไฟสำหรับการเผาไหม้แบบ สั่น (oscillating)

John Smart และคณะ[4] ได้กล่าวถึงบทความนี้แนะนำการตรวจสอบผลกระทบของการเผาไหม้เชื้อเพลิงออกซีด้วยการใช้เทคนิคการถ่ายภาพดิจิทัลและการประมวลผลภาพของเปลวไฟ ทำการทดลองการทดสอบการเผาไหม้ถ่านหินขนาด 0.5 เมกะวัตต์ โดยสัดส่วนของก๊าซไอเสียและระดับออกซิเจนในการนำกลับมาใช้ใหม่ในเตาเผาที่แตกต่างกันเกิดขึ้นกับถ่านหินสองชนิด ลักษณะของเปลวไฟและความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของเปลวไฟที่วัดได้และการเผาไหม้ที่สัมพันธ์กัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิของเปลวไฟจะลดลงตามสัดส่วนการนำกลับมาใช้ใหม่ของถ่านหินทดสอบทั้งสองชนิด ซึ่งอุณหภูมิของเปลวไฟได้ควบคุมโดยสัดส่วนการนำกลับมาใช้ใหม่ของก๊าซหุงต้มมี CO₂ ในระดับสูงที่สัดส่วนการนำกลับมาใช้ใหม่ของไอเสียสูงอาจส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ล่าช้าและส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของเปลวไฟ

ก้องณพัฒน์ จิราวัชรอังกูร และธีรชา บุซปพงศ์พันธุ์ [5] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประมวลผลภาพด้วยภาษา Matlab เพื่อการตรวจจับโกในโรงเรือนแบบปิดที่ไม่สามารถให้บุคคลเข้าไปได้ ซึ่งกระทำโดยการศึกษาอัลกอริทึมจากงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาพัฒนาเป็นอัลกอริทึมของตนเอง โดยการทดลองเป็นการทดสอบการนับจำนวนโกโดยใช้อัลกอริทึมทั้งหมด 8 อัลกอริทึมคือ จากวิจัยที่ศึกษา 5 อัลกอริทึม และพัฒนาขึ้นมา 3 อัลกอริทึม เพื่อให้ได้อัลกอริทึมที่สามารถนับจำนวนโกในโรงเรือนแบบปิดได้แม่นยำที่สุด ซึ่งจะวัดผลความแม่นยำจากการเปรียบเทียบกับวิธีการกราวด์ทรูธ (Ground Truth) และจากการทดลองพบว่าอัลกอริทึมที่ดีที่สุดสามารถนับจำนวนโกได้ถูกต้องเฉลี่ย 92.88 % ซึ่งเป็นอัลริทึมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมา และอัลกอริทึมที่นับจำนวนโกได้ประสิทธิภาพแย่มากที่สุด สามารถนับจำนวนโกได้ถูกต้องเฉลี่ย 82.14 % ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำมาใช้งานได้จริง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.1 ผังงานแสดงการทำงานของอัลกอริทึมที่นับไปออกมาได้ประสิทธิภาพดีที่สุด

จากข้อมูลงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาและค้นคว้ามานั้น ทำให้ทราบว่าสามารถวิเคราะห์สมรรถนะการเผาไหม้และแก้ไขได้โดยการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่ระบบการเผาไหม้ได้จากระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งวิธีการตรวจจับนั้นมีหลากหลายวิธี เช่น การตรวจจับก๊าซไอเสีย การตรวจจับอุณหภูมิ การตรวจจับความดัน และการตรวจจับเปลวไฟ ซึ่งการตรวจจับก๊าซไอเสีย การตรวจจับความดัน และการตรวจจับอุณหภูมิ เป็นวิธีที่แสดงผลค่อนข้างช้า เนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินผสมเชื้อเพลิงชีวมวลนั้น มีเสถียรภาพในการเผาไหม้ที่ไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในระยะเวลาอันสั้น จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาตรวจวัดสมรรถนะการเผาไหม้ จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา เราจึงใช้วิธีการตรวจจับเปลวไฟโดยวิธีการประมวลผลภาพ (Image Processing) เพราะเป็นวิธีที่สามารถแสดงผลได้อย่างทันที (Real-time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

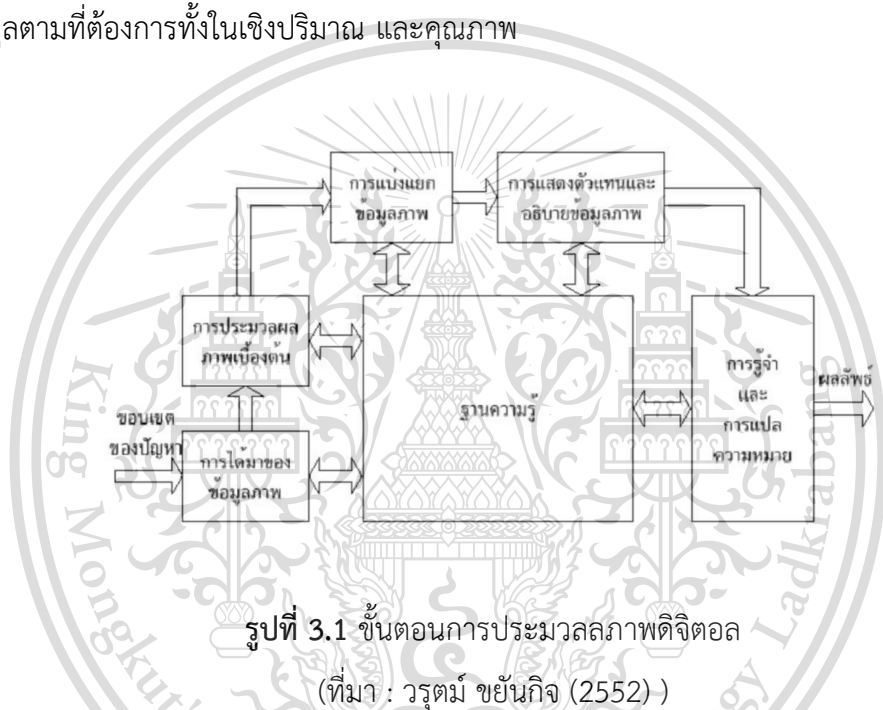
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 การประมวลผลภาพ (Image Processing) [6-10]

เป็นเทคนิคในการนำข้อมูลที่เป็นภาพเปลี่ยนเป็นข้อมูลดิจิทัล โดยการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งกับภาพต้นฉบับ (Input Image) ให้ได้ภาพผลลัพธ์ (Output Image) ซึ่งมีการกระทำกับภาพหลายรูปแบบ โดยเป็นการนำภาพมาประมวลผล วิเคราะห์ หรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลตามที่ต้องการทั้งในเชิงปริมาณ และคุณภาพ



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการประมวลผลภาพดิจิทัล

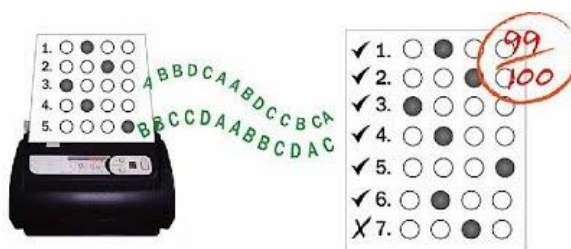
(ที่มา : วรุตม์ ชัยนิกิจ (2552) -)

มีการทำการประมวลผลภาพไปใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การนำไปใช้ในระบบกล้องวงจรปิด เพื่อรักษาความปลอดภัย การนำไปใช้ในงานด้านบันเทิง อาทิ ในเกมที่จะจับภาพของผู้เล่นเพื่อบันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหวของผู้เล่นที่เป็นเสมือนคำสั่งในการบังคับการเคลื่อนไหวของวัตถุหรือตัวละครในเกมส์ หรือระบบบาร์โค้ดที่บนเจอได้อย่างใกล้ชิดก็มีการนำการประมวลผลภาพไปใช้ ซึ่งสามารถอ่านรหัสจากบาร์โค้ด แล้วแปลงเป็นข้อมูลต่างๆเพื่อนำไปใช้งานต่อไป หรือจะเป็นการตรวจกระดาษคำตอบก็มีการใช้การประมวลผลภาพ โดยการนำภาพมาเปรียบเทียบกับกระดาษคำตอบที่ถูกต้องทั้งหมด เทียบกับกระดาษคำตอบที่นำมาตรวจว่าเหมือนหรือแตกต่างกันส่วนไหนบ้าง แล้วนำไปคิดเป็นคะแนน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.2 การตรวจกระดาษคำตอบ

(ที่มา : <https://sites.google.com>)

การใช้งานการประมวลผลภาพในด้านอุตสาหกรรมก็มีเช่นกัน เช่น การใช้กล้องตรวจจับรอยบนแผ่นฮาร์ดดิสก์ การตรวจนับวัตถุดิบในกระบวนการผลิต การใช้กล้องตรวจจับรอยไม่พึงประสงค์บนแผ่นกระเบื้องที่ผลิตสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้าง เป็นต้น



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการตรวจนับวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม

(ที่มา : <http://www.mut.ac.th>)

ในด้านการแพทย์ก็ได้นำเอาเทคโนโลยีการประมวลผลภาพไปใช้ เช่น เครื่อง MRI (Magnetic Resonance Imaging) ซึ่งเป็นการตรวจร่างกายโดยเครื่องตรวจที่ใช้คลื่นสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสูงและมีคลื่นความถี่ในย่านความถี่วิทยุในการสร้างภาพเสมือนจริงของอวัยวะภายในต่างๆของร่างกาย ทำให้แพทย์สามารถตรวจวินิจฉัยความผิดปกติในร่างกายได้อย่างแม่นยำ เพื่อนำมาใช้ในการรักษาและติดตามผลการรักษา โดยอาศัยความเป็นแม่เหล็กของไฮโดรเจนอะตอม ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักภายในร่างกายของมนุษย์ เช่น โมเลกุลของน้ำ เป็นต้น หรือจะเป็นการช่วยลดต้นทุนในด้านของแผ่นฟิล์มเอ็กซเรย์ โดยการปรับปรุงคุณภาพของแผ่นฟิล์มเอ็กซเรย์ให้ดีขึ้น เก็บรายละเอียดและความคมชัดมากขึ้น แทนการที่ต้องไปถ่ายรูปมาใหม่ให้ชัดขึ้น เพื่อให้แพทย์ได้พบรายละเอียดที่ต้องการ

This material is recommended for educational use only and is not to be used for commercial purposes.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.4 เครื่อง MRI

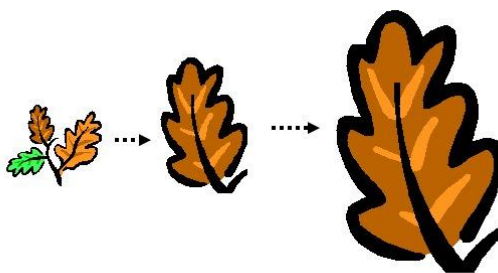
(ที่มา : <https://medium.com>)

3.2 องค์ประกอบและชนิดของภาพ [11-17]

3.2.1 ประเภทของภาพและองค์ประกอบ

3.2.1.1 ภาพเวกเตอร์ (Vector)

ภาพเวกเตอร์เป็นภาพที่เกิดจากเส้นต่าง และคุณสมบัติเกี่ยวกับสีของเส้นนั้นๆ มาประกอบเป็นภาพ โดยสร้างขึ้นจากการคำนวณและอ้างอิงตามความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ โดยสามารถแยกชิ้นส่วนภาพทั้งหมดออกเป็นเส้นตรง เส้นโค้ง หรือรูปทรงต่างๆ ภาพเวกเตอร์นั้น เมื่อมีการขยายหรือย่อขนาดก็จะมีคมชัดเท่าเดิมและไม่เสียรูปทรง แต่ไม่สามารถใช้เอฟเฟ็คในการปรับแต่งรูปได้ ไฟล์ภาพที่เป็นภาพแบบเวกเตอร์ ยกตัวอย่างเช่น ไฟล์ภาพนามสกุล .DWG ที่คุ้นเคยกันเป็นอย่างดีในโปรแกรม AutoCAD หรือไฟล์นามสกุล .AI, .DRW, .CDR, .EPS, .PS หรือจะเป็นภาพคลิปอาร์ต (Clipart) ที่อยู่ใน Microsoft Word ที่มีนามสกุลไฟล์เป็น .WMF นั่นก็เป็นภาพแบบเวกเตอร์เช่นกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัด

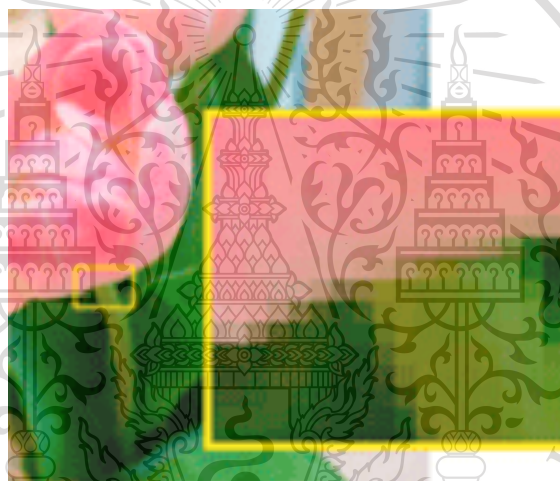
รูปที่ 3.5 ภาพกราฟิกประเภทเวกเตอร์ เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
(ที่มา : <https://sites.google.com>)

This material is reserved for educational use. Not for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.1.2 ภาพบิตแมพ (Bitmap)

ภาพบิตแมพหรือภาพกราฟิกส์แรสเตอร์ (Raster graphics) เป็นภาพที่ประกอบด้วยจุดสีเล็กๆต่างๆ ที่เรียกว่า พิกเซล (Pixel) โดยเป็นการประกอบพิกเซลหลายๆพิกเซลผสมกันอัดแน่นจนเกิดเป็นภาพบนพื้นที่เส้นตารางหรือบนกริด (Grid) ซึ่งในแต่ละพิกเซลนั้นจะมีค่าของสีและตำแหน่งที่มั่นคงของตัวเอง ภาพบิต-แมพเป็นภาพที่เหมาะสมต่อการแสดงภาพที่มีเฉดสีจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น ภาพถ่าย ภาพวาด เป็นต้น จึงเน้นเป็นภาพที่มีลักษณะสวยงาม แต่เนื่องด้วยการมีตำแหน่งที่คงที่นั้น ส่งผลให้เวลาที่ขยายภาพนั้นๆ จะทำให้ความละเอียดของภาพน้อยลง และหากทำการเพิ่มความละเอียดให้กับภาพ จะทำให้ไฟล์ภาพนั้นมีขนาดใหญ่และสิ้นเปลืองพื้นที่ในการจัดเก็บ ไฟล์ภาพที่เป็นภาพบิตแมพนั้น เป็นนามสกุลไฟล์ภาพที่เราคุ้นเคยกันเป็นอย่างดี ยกตัวอย่าง เช่น .JPEG, .TIFF, .GIF, .PNG และ .PCX เป็นต้น



รูปที่ 3.6 ภาพบิตแมพเมื่อการขยายขนาดภาพ
(ที่มา : <https://www.karethailand.com>)

1. พิกเซล (Pixel)

Pixel อ่านว่า "พิกเซล" เป็นองค์ประกอบพื้นฐานสำคัญของภาพบิตแมพ (Bitmap) ซึ่งภาพนั้นเกิดจากการนำพิกเซลที่เล็กๆมาเรียงต่อกันเป็นภาพ และพิกเซลนั้นเป็นหน่วยย่อยที่เล็กที่สุดของภาพ โดยคำว่า "พิกเซล" (pixel) มาจากคำว่า "พิกเจอร์" (picture) ที่แปลว่า รูปภาพ และ "เอลเมนต์" (element) ที่แปลว่า องค์ประกอบ พิกเซลเป็นค่าบนอุปกรณ์แสดงบน หรือในกล้องถ่ายรูปแบบดิจิทัล (Photosensor) และยังใช้เป็นหน่วยของการวัดความละเอียดได้ เช่น 640x480 พิกเซล หมายความว่ามีความละเอียด 307,200 พิกเซล

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ความละเอียดของพิกเซล คืออัตราส่วนของความละเอียดของเม็ดสีต่างๆที่รวมกัน ในขนาดความกว้างและความสูง โดยสามารถจำแนกได้ดังนี้

2 ล้านพิกเซล มีความละเอียดเท่ากับ 1600 x 1200

3 ล้านพิกเซล มีความละเอียดเท่ากับ 2048 x 1536

4 ล้านพิกเซล มีความละเอียดเท่ากับ 2272 x 1704

5 ล้านพิกเซล มีความละเอียดเท่ากับ 2560 x 1920

ค่าความละเอียดของภาพที่มีหน่วยเป็นพิกเซลสามารถคำนวณได้จาก H (แนวนอน) x P (แนวตั้ง) การระบุความละเอียดของภาพขนาดนั้นๆ จะระบุค่าแนวตั้งเป็นหลักและลงท้ายด้วย P เช่น 720P 960P 1080P

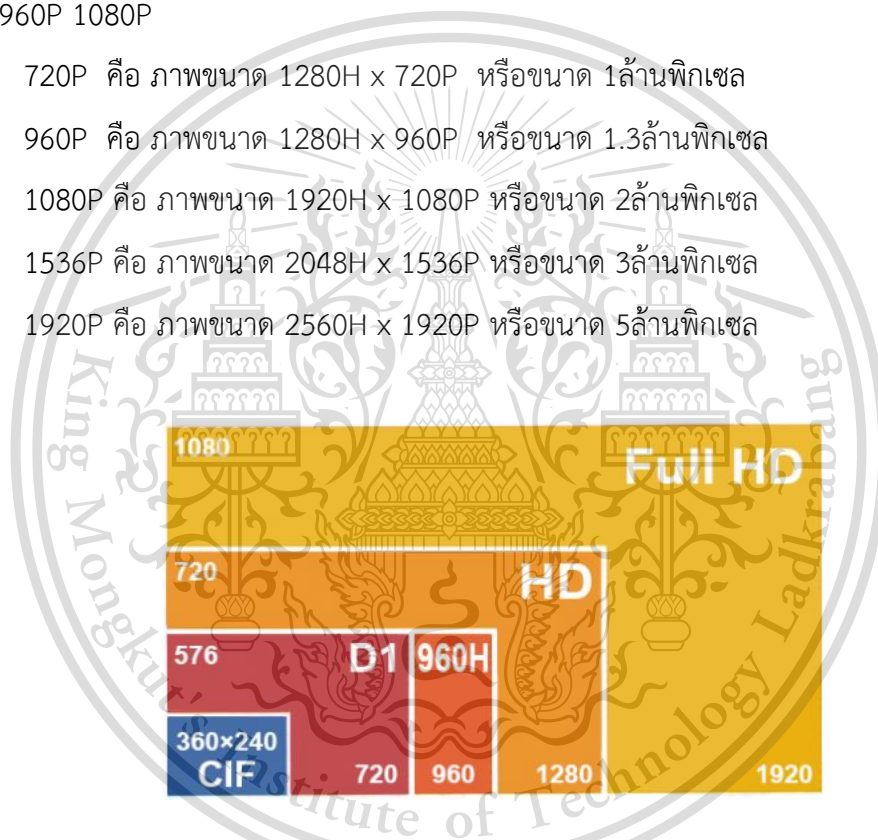
720P คือ ภาพขนาด 1280H x 720P หรือขนาด 1 ล้านพิกเซล

960P คือ ภาพขนาด 1280H x 960P หรือขนาด 1.3 ล้านพิกเซล

1080P คือ ภาพขนาด 1920H x 1080P หรือขนาด 2 ล้านพิกเซล

1536P คือ ภาพขนาด 2048H x 1536P หรือขนาด 3 ล้านพิกเซล

1920P คือ ภาพขนาด 2560H x 1920P หรือขนาด 5 ล้านพิกเซล



รูปที่ 3.7 ภาพขนาดต่างๆ

(ที่มา : <https://www.karethailand.com>)

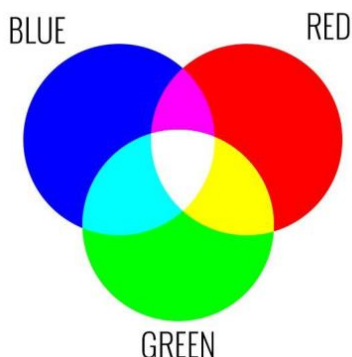
3.2.2 ชนิดของภาพ

3.2.2.1 ภาพสีทั่วไป (RGB Image, True Color Image)

เป็นรูปที่เก็บโดยใช้อาร์เรย์ 3 มิติในแต่ละมิติจะเก็บค่าสีแยกกัน คือสีแดง(Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) เก็บข้อมูลขนาด 24 บิต ต่อพิกเซล ให้ความละเอียดสีอยู่ที่ 16,777,216 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

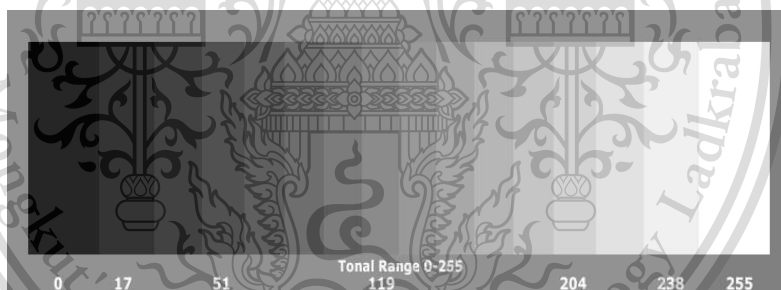


รูปที่ 3.8 ภาพสีทั่วไป

(ที่มา : <https://www.lalapixthailand.com>)

3.2.2.2 ภาพระดับสีเทา (Grayscale Image)

เป็นรูปที่เก็บโดยใช้รูปแบบของอาร์เรย์ 2 มิติโดยค่าที่เก็บจะมีค่าอยู่ในช่วงๆหนึ่ง ซึ่งระดับของสีขึ้นอยู่กับขนาดของบิตที่ใช้เก็บค่าสีโดยทั่วไปจะเก็บข้อมูล ขนาด 8 บิต หรือ 1 ไบต์ ต่อพิกเซล ให้ความละเอียดสีอยู่ที่ 256 เกรดสี (0 - 255)



รูปที่ 3.9 ภาพระดับสีเทา

(ที่มา : <https://medium.com>)

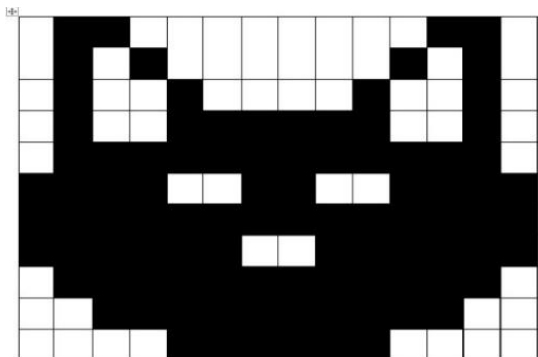
3.2.2.3 ภาพขาว-ดำ (Binary image)

เป็นรูปที่ใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลเพียง 1 บิต ต่อพิกเซล โดยค่าความเข้มแสงในแต่ละพิกเซล จะมีแค่สองค่าคือ 0 หรือสีดำ(ภาพมืด) และ 1 หรือสีขาว(ภาพสว่าง) ซึ่งช่วยในการแยกภาพวัตถุออกจากพื้นหลังได้ นั่นคือให้ความเข้มแสงระดับหนึ่งแทนภาพพื้นหลัง (Background) และให้ความเข้มแสงอีกระดับหนึ่งแทนภาพวัตถุที่สนใจ (foreground)

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวงนเวสาหรับการเขางานเพอการศกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.10 ภาพขาว-ดำ

(ที่มา : <https://www.digitaltechnologieshub.edu.au>)

3.3 การปรับปรุงภาพ (Image Enhancement) [8,18-19]

การปรับปรุงภาพมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างภาพให้เป็นภาพตามรายละเอียดที่ต้องการ หรือปรับปรุงช่วงของโทนแสงของภาพตามที่ต้องการ โดยกระบวนการในการแปลงข้อมูลภาพที่ตัวเลข ซึ่งการปรับภาพนั้นมีหลายวิธี โดยต้องเลือกวิธีที่เหมาะสม เนื่องจากในการปรับปรุงภาพอาจไปดบังข้อมูลอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากจะมีการเน้นข้อมูลที่แปลงในส่วนที่ต้องการปรับปรุง จึงทำให้บดบังข้อมูลภาพด้านอื่นๆได้ จึงต้องเลือกวิธีการปรับปรุงภาพที่เหมาะสม

3.3.1 การปรับความสว่าง (Brightness)

การปรับความสว่าง เป็นการปรับค่าสีในพิกเซลภาพให้เกิดความสว่างตามที่ต้องการ จากค่าความเข้มแสงในแต่ละพิกเซลนั้น สามารถเป็นค่าใดค่าหนึ่งตั้งแต่ 0-255 ซึ่งถ้าแต่ละพิกเซลมีค่าความเข้มแสงมากขึ้น จะหมายความว่า ภาพนั้นจะมีความสว่างเพิ่มขึ้น

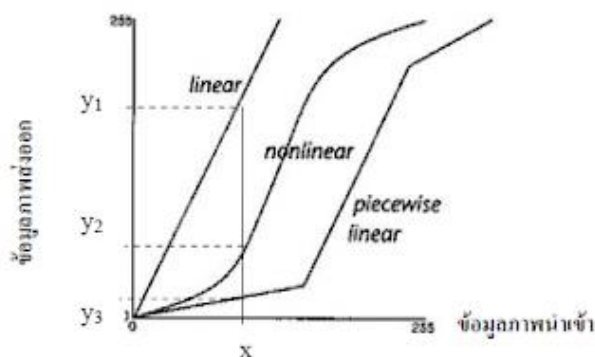
3.3.2 การปรับระดับสีเทาของภาพ (Contrast Stretching)

การปรับระดับสีเทาของภาพ เป็นวิธีการปรับปรุงภาพเชิงรังสี โดยเป็นการขยายความเข้มของโทนสีให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ เพื่อที่จะปรับช่วงความเข้มแสงให้เหมาะสม สำหรับอุปกรณ์แสดงผลหรือบันทึกภาพ เทคนิคในการปรับปรุงระดับสีเทาของภาพนั้นมีทั้งแบบสมการเส้นตรง (Linear) แบบไม่เป็นเส้นตรง (Non-linear) และแบบแตกส่วน (Piecewise) ดังแสดงในรูปที่ 3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.11 กราฟการปรับภาพโดยการปรับความเข้มของโทนแสงแบบต่างๆ
(ที่มา : ERDAS Field Guide, 2003)

3.3.3 การแบ่งระดับความเข้มภาพ (Intensity-Level Slicing)

การแบ่งระดับความเข้มภาพ คือ การเน้นช่วงความเข้มที่เฉพาะเจาะจงในรูปกล่าวคือ การแบ่งพื้นที่สีเทาบางส่วนออกจากส่วนที่เหลือของรูปภาพ สมมติว่าในรูปภาพมีพื้นที่ที่น่าสนใจอยู่ช่วงหนึ่ง โดยมักจะใช้ค่าระหว่าง 80 ถึง 150 ดังนั้นการแบ่งระดับความเข้มจะเน้นเป็นช่วงนี้แทนที่จะดูภาพทั้งหมด ซึ่งวิธีการแบ่งระดับความเข้มนั้นมีหลายวิธี โดยมีอยู่ 2 วิธีที่เป็นที่นิยม ได้แก่

- ในประเภทแรก จะเป็นการแสดงช่วงความเข้มที่ต้องการเป็นขาว และลดความเข้มอื่นๆทั้งหมดให้เป็นสีดำ จึงส่งผลให้เกิดภาพไบนารี
- ในประเภทที่สอง เป็นการเพิ่มความสว่างหรือมืดให้กับช่วงความเข้มที่ต้องการ และปล่อยให้ความเข้มอื่นๆไม่เปลี่ยนแปลง

3.3.4 การกรองแบบความถี่ต่ำผ่าน (Low-pass Filter)

การกรองแบบความถี่ต่ำผ่าน หรือการปรับภาพให้เรียบ (Image Smoothing) เป็นเทคนิคการกรองภาพโดยที่ให้สัญญาณภาพบริเวณที่มีความถี่ต่ำผ่านได้ ส่วนบริเวณภาพที่มีความถี่สูงกว่ากำหนดจะถูกตัวกรองกรองให้ความถี่ลดลง เพื่อปรับภาพให้ดูนุ่มนวลขึ้น มักที่จะใช้ในการลดหรือลบสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในขณะที่มีการตรวจจับภาพหรือบันทึกภาพ โดยตัวกรองแบบความถี่ต่ำผ่านที่นิยมนำมาใช้มีอยู่ 2 ประเภท คือ

- ตัวกรองความถี่ต่ำผ่านเฉลี่ย (Moving Average Filter)
- ตัวกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian Filter)

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 3.3.5 การกรองแบบความถี่สูงผ่าน (High-pass Filter) อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น การกรองแบบความถี่สูงผ่าน หรือการทำภาพให้คมชัด (Image Sharpening) เป็นวิธีการ

สก็ดเองค์ประกอบที่มีความแปรปรวนเชิงพื้นที่สูง ซึ่งเป็นการกระทำที่ตรงกันข้ามกับการกรองแบบ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ความถี่ต่ำผ่าน คือจะกรองภาพโดยไม่ให้สัญญาณภาพที่มีความถี่ต่ำผ่านได้ ซึ่งเรานำตัวกรองประเภทนี้เคลื่อนที่ไปในกลุ่มของจุดภาพที่มีค่าความถี่สูงล้อมรอบภาพตรงกลางที่มีค่าความถี่ต่ำ ผลของการคอนโวลูชันจะทำให้จุดภาพตรงกลางที่มีค่าความถี่สูงมีค่าสูงขึ้นอีก จึงเป็นผลทำให้ภาพที่ผ่านการกรองแบบความถี่สูงผ่านดูมีความคมชัดขึ้น

3.4 การแปลงภาพสี RGB ให้เป็นภาพระดับสีเทา [20]

$$\text{Grayscale Image} = \frac{R+G+B}{3}$$

จากการศึกษาพบว่า เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด แต่ภาพระดับสีเทาที่ได้นั้นไม่ตรงตามที่เราอยากมองเห็น

$$\text{Grayscale Image} = (0.299*R) + (0.587*G) + (0.114*B)$$

วิธีการนี้ทำให้ได้ภาพสีเทาที่มีความใกล้เคียงกับการมองเห็นของมนุษย์มากที่สุด

****หมายเหตุ ตัวเลขที่นำมาคูณหน้าตัว R G และ B คือค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละสีที่ได้จากการทดลอง

เมื่อ R คือ สีแดง

G คือ สีเขียว

B คือ สีน้ำเงิน



รูปที่ 3.12 การแปลงภาพสี RGB ให้เป็นภาพระดับสีเทา

3.5 การแปลงภาพระดับสีเทาให้เป็นภาพขาว-ดำ [17]

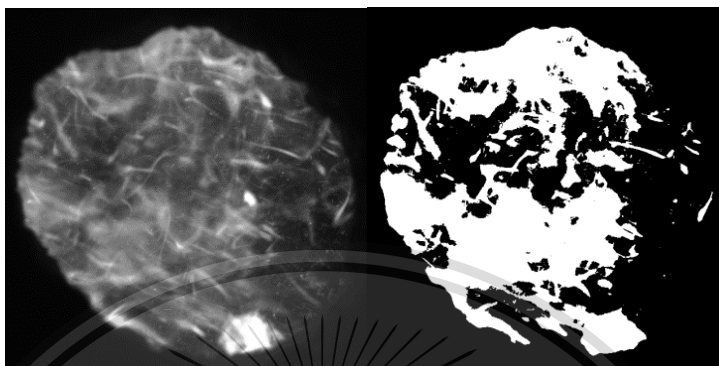
เทรชโฮลด์ (Threshold) คือค่าขีดแบ่ง เพื่อแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำ โดยทำการกำหนดค่าเทรชโฮลด์ขึ้นมา 1ค่า อาจจะใช้วิธีกำหนดเอง หรือใช้วิธีของออตส์ (Otsu) ซึ่งการหา เทรชโฮลด์ด้วยวิธีนี้จะเหมาะสมสำหรับภาพที่มีพื้นหน้า (Foreground) และพื้นหลัง (Background) ถ้าหากจุดภาพจุดใด (Pixel) มีค่าความสว่างมากกว่าค่าเทรชโฮลด์แล้วจะต้องเปลี่ยนเป็น 1(สีขาว) ถ้าค่าของไม่ว่ากรณีใดก็ตามมีค่าความสว่างน้อยกว่าค่าเทรชโฮลด์ที่กำหนดไว้ให้เปลี่ยนเป็น 0 (สีดำ) ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5.1 Fixed Thresholding Method

เป็นการกำหนดค่าเทรชโอล์ขึ้นมาเอง โดยทำการกำหนดค่าเทรชโอล์ขึ้นมาเองตั้งแต่ค่าต่ำสุดคือ 0 ถึง ค่าสูงสุด 255 ซึ่งการจะเลือกค่าเทรชโอล์ที่เหมาะสมได้นั้นขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้งาน



รูปที่ 3.13 Fixed Thresholding Method (Threshold = 90)

3.5.2 Adaptive Thresholding Method

วิธีการนี้จะแตกต่างกับวิธีแรกคือวิธีนี้จะทำการเลือกค่าเทรชโอล์ขึ้นมาโดยอัตโนมัติ ไม่ต้องทำการกำหนดค่าเทรชโอล์ขึ้นมาเอง โดยต้องทำการเลือกค่าเทรชโอล์ที่ทำให้การกระจายตัวรวมของฮิสโตแกรม(Histogram) ทั้งสองกลุ่มมีค่าต่ำที่สุด นั่นหมายความว่าหากทำการเพิ่มค่าเทรชโอล์จะส่งผลให้การกระจายตัวของยอดหนึ่งเพิ่มขึ้นและการกระจายตัวของอีกยอดหนึ่งลดลง

วิธีที่ 1 : ความแปรปรวนระหว่างกลุ่มภายในกลุ่มรวมกัน

$$S_{within}^2(t) = n_D(t)S_D^2(t) + n_B(t)S_B^2(t)$$

เมื่อ (t) คือ เทรชโอล์ หรือค่าขีดแบ่ง

$S_D^2(t)$ คือ ความแปรปรวนของบริเวณด้านมืด

$S_B^2(t)$ คือ ความแปรปรวนของบริเวณด้านสว่าง

$n_D(t)$ คือ จำนวนจุดภาพของบริเวณด้านมืด (Dark area)

$n_B(t)$ คือ จำนวนจุดภาพของบริเวณด้านสว่าง (Bright area)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$n_D(t) = \sum_{i=0}^{t-1} p(i)$$

$$n_B(t) = \sum_{i=t}^{2^B-1} p(i)$$

$S_{within}^2(t)$ ควรมีค่าน้อยๆ อย่างไรก็ตามวิธีการนี้นั้นมีความยุ่งยากมาก

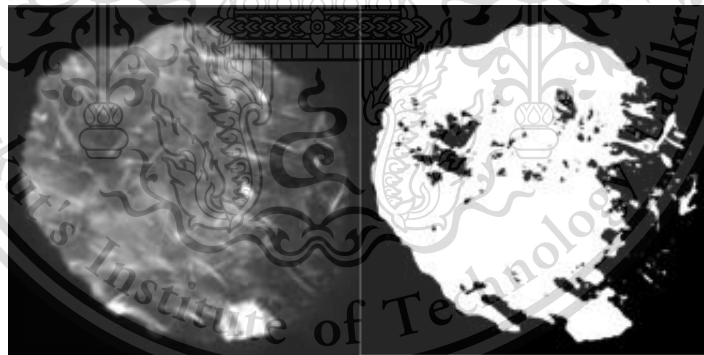
วิธีที่ 2 : ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม

$$S_{between}^2 = n_D(t) n_B(t) [\mu_D(t) - \mu_B(t)]^2$$

เมื่อ $S_{between}^2$ คือ ความแปรปรวนรวมของทั้งฮิสโตแกรม

μ_D คือ ค่าเฉลี่ยด้านมืด

μ_B คือ ค่าเฉลี่ยด้านสว่าง



รูปที่ 3.14 Adaptive Threshold Method

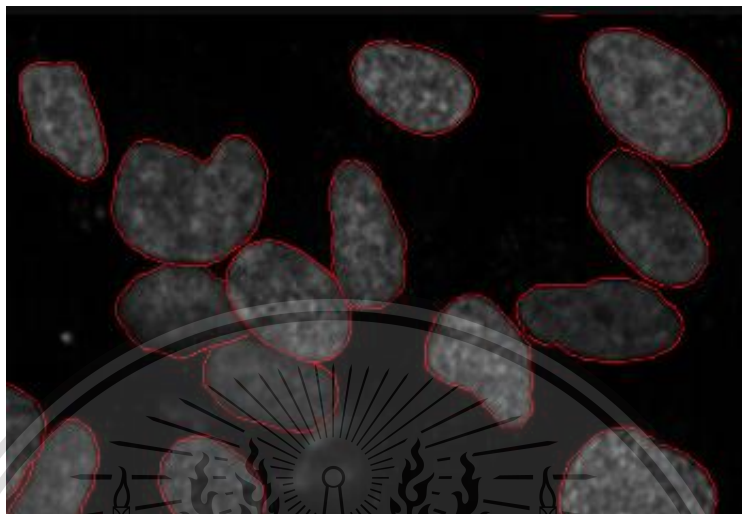
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.6 การแยกบริเวณรูปภาพ (Image Segmentation) [21-24]

เป็นการแยกวัตถุที่สนใจออกจากบริเวณพื้นหลัง วิธีการแยกบริเวณนั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ Region based segmentation และ Edge based segmentation



รูปที่ 3.15 การแยกบริเวณรูปภาพ

(ที่มา <https://www.analyticsvidhya.com>)

3.6.1 Region based segmentation

เป็นวิธีการแยกองค์ประกอบของภาพโดยดูจากตำแหน่งของพิกเซลและความเหมือนกันของคุณสมบัติของพิกเซลภายในพื้นที่เป็นหลัก โดยถ้าพิกเซลที่อยู่ติดกันและมีคุณสมบัติเดียวกันจะถูกจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกัน

3.6.2 Edge based segmentation

เป็นวิธีการแยกองค์ประกอบของภาพโดยอาศัยความไม่ต่อเนื่องของคุณสมบัติของพิกเซลที่บริเวณขอบของวัตถุ ผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของขอบ ถ้าหากวัตถุมีสีที่ไม่สม่ำเสมอแล้ว จะทำให้ขอบวัตถุที่ได้อาจไม่ต่อเนื่อง

วิจัยเล่มนี้จะใช้วิธี Region based segmentation เนื่องจากให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า วิธีนี้คือการแยกบริเวณรูปภาพด้วยค่าเทรชโฮล ซึ่งการเลือกค่าเทรชโฮลนั้นมีอยู่ 2 แบบ คือ การใช้ค่าเทรชโฮลค่าเดียวทั้งภาพ (Global Threshold) และการใช้ค่าเทรชโฮลแตกต่างกันในแต่ละพิกเซล (Local Threshold) ซึ่งในวิจัยเล่มนี้เลือกใช้วิธี Global Threshold เนื่องจากสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.7 OpenCV (Open Source Computer Vision Library) [25]

OpenCV เป็นไลบรารีฟังก์ชันการเขียนโปรแกรม (Library of Programming Functions) ที่ใช้สำหรับการประมวลผลภาพ มีการแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์แบบเรียลไทม์ (Real-Time) หรือเรียกว่าการแสดงผลแบบทันที ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่รวดเร็วต่อการใช้งาน ไลบรารีนี้ ถูกพัฒนาขึ้นด้วย ภาษา C++ และ ภาษา C และยังมี อินเตอร์เฟซ (interface) ที่ไว้ เชื่อมต่อกับกล่องเครื่องมือ (tool) เช่น Python, Ruby, Matlab เป็นต้น



รูปที่ 3.16 OpenCV

(ที่มา : <https://www.brandeps.com>)

3.8 แสง สี สเปกตรัม และความยาวคลื่น

3.8.1 แสง

แสง คือ พลังงานชนิดหนึ่งที่เกิดจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้เกิดความสว่าง และทำให้มนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ มองเห็นสิ่งต่างๆ ได้ ทั้งนี้คุณสมบัติของแสง คือ

- 3.8.1.1 เป็นพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ไม่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่
- 3.8.1.2 เคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงทุกทิศทาง และเป็นเส้นตรง
- 3.8.1.3 ความเร็วแสงที่ใช้ในการเดินทาง เท่ากับ 300,000 กิโลเมตรต่อวินาที
- 3.8.1.4 มีการสะท้อน หักเห และกระจายแสง

3.8.2 สี สเปกตรัม และความยาวคลื่น

- สเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV)

ความยาวคลื่นประมาณ 100 ถึง 400 นาโนเมตร

- สเปกตรัมที่มองเห็นได้ (VIS)

ความยาวคลื่นประมาณ 380 ถึง 750 นาโนเมตร

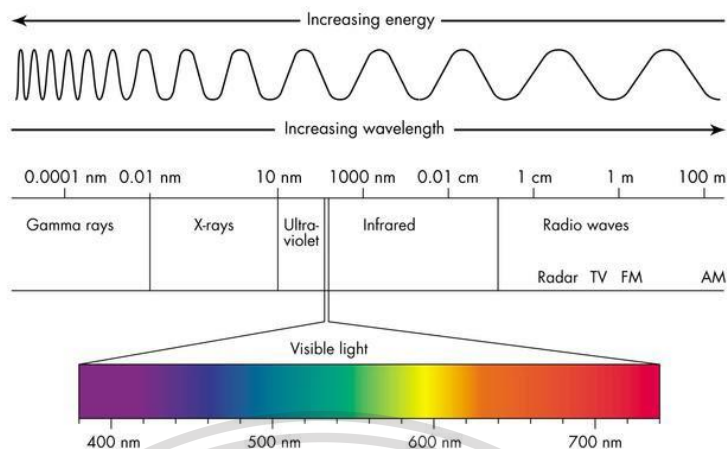
- สเปกตรัมอินฟราเรด (NIR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ความยาวคลื่นประมาณ 800 ถึง 2,500 นาโนเมตร



รูปที่ 3.17 Electromagnetic Spectrum

(ที่มา : <https://sites.google.com>)

3.9 องค์ประกอบของอุปกรณ์รับภาพ [26-29]

3.9.1 กล้อง

กล้อง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกภาพในงานวิจัยนี้ ซึ่งกล้องนั้นมียุคประกอบที่สำคัญหลักๆคือ

3.9.1.1 ขนาดเซ็นเซอร์

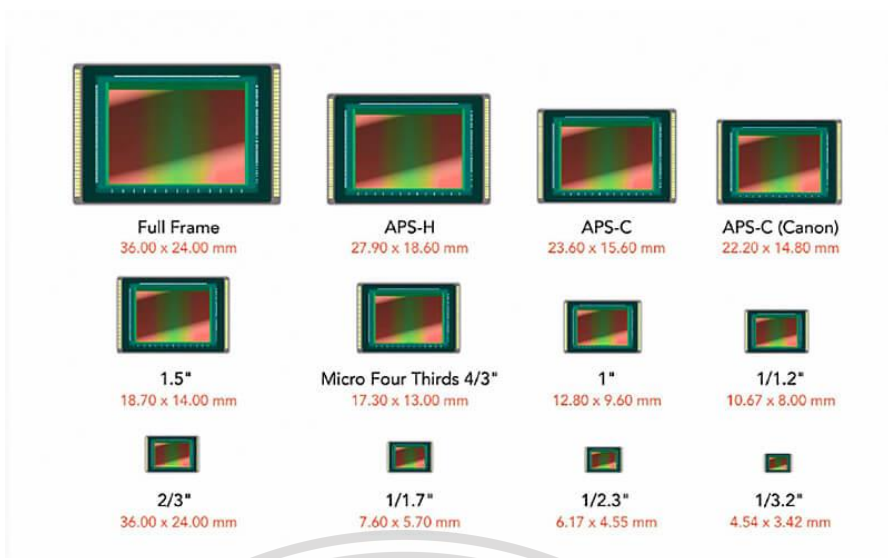
เซ็นเซอร์ เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของกล้อง เนื่องจากเป็นส่วนรับภาพ โดยที่ขนาดเซ็นเซอร์รับภาพนั้นจะไม่ได้เกี่ยวกับเรื่องความละเอียดของพิกเซลแต่อย่างใด ซึ่งโดยปกติแล้วเซ็นเซอร์รับภาพที่มีขนาดใหญ่จะให้คุณภาพไฟล์ที่ดีกว่า เนื่องจากสามารถดักแสงได้มากกว่าเซ็นเซอร์รับภาพที่มีขนาดเล็ก จึงมีสัญญาณรบกวนต่ำ ทำให้ Noise เกิดขึ้นได้น้อยกว่าเซ็นเซอร์ที่มีขนาดเล็ก และยังมีพื้นที่ในการวางแผงวงจรได้มากกว่า และสามารถประมวลผลซับซ้อนได้ดี ซึ่งส่งผลให้สามารถการจัดการ Noise หรือค่า Dynamics range ได้มากขึ้น โดยเซ็นเซอร์มีขนาดดังนี้

- Medium Format
- Full Frame
- APS-C
- Micro 4/3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 - 1/3"

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.18 ขนาดของเซ็นเซอร์

(ที่มา : <https://www.bigcamera.co.th>)

3.9.1.2 ความละเอียดของพิกเซล

ความละเอียดของพิกเซลคือ จำนวนจุดสีของภาพที่รวมกันเป็นขนาดของไฟล์ภาพนั้นๆ เช่น 6000 x 4000 จุด เท่ากับ 24 ล้านพิกเซล ในขณะที่กล้องอีกตัวสามารถที่จะถ่ายภาพได้ที่ 8000 x 6000 จุด ซึ่งได้ภาพที่มีความละเอียด 48 ล้านพิกเซล ซึ่งข้อดีของจำนวนพิกเซลสูงๆคือ สามารถนำไปอัดขยายภาพได้ใหญ่ขึ้น เก็บรายละเอียดได้เยอะขึ้น แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นการมีจำนวนพิกเซลที่สูงๆ ไม่ได้หมายความว่า ภาพจะคมชัด หรือมี Noise ต่ำ

3.9.1.3 เฟรมเรท (Framerate)

เฟรมเรท คือ การแสดงผลจำนวนภาพนิ่งหรือจำนวนเฟรมในเวลา 1 วินาที (per second) เฟรมเรท เรียกสั้นๆว่า FPS (frame per second) เฟรมเรทที่ความเร็วสูงๆ นั้น จะมีผลกับการเปิดชมภาพที่ลื่นไหล ทำให้ภาพนั้นดูต่อเนื่อง, สวยงาม และไม่โดดข้ามเฟรม ซึ่งทำให้เปิดชมได้อย่างสบายตา ถ้าหากเฟรมเรทน้อย ก็จะทำให้ภาพกระตุกหรือสะดุด แต่ถ้าหากน้อยมากๆ ก็จะกลายเป็นการมองภาพนิ่งทีละภาพ

3.9.2 เลนส์และระยะโฟกัส

เลนส์ คือ วัตถุที่ทำจากแก้วชนิดดี มีลักษณะกลม ผิวเรียบแบ่งได้ 2 ชนิดคือ เลนส์นูนและ

เลนส์เว้า เลนส์ใช้ทำหน้าที่รับภาพจากภายนอกตัวกล้องไปยังเซ็นเซอร์รับภาพ โดยเลนส์ของกล้องถ่ายภาพจะมีหลายชนิดตามช่วงการใช้งาน เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งสามารถแบ่งชนิดของเลนส์ได้จากระยะโฟกัส ซึ่งระยะโฟกัส คือ ระยะห่างจากจุดที่ภาพจริงมารวมกันก่อนกลายเป็น

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาพเสมือนไปถึงส่วนรับภาพ โดยเลนส์ที่มีระยะโฟกัสน้อยกว่า จะทำให้องศาการรับภาพกว้างกว่า เก็บภาพได้มากกว่า ส่วนเลนส์ที่มีระยะโฟกัสมากกว่า จะทำให้องศาการรับภาพนั้นแคบลง โดยแบ่งชนิดของเลนส์จากระยะโฟกัสได้ดังนี้

3.9.2.1 ระยะ Normal คือ ระยะที่ใกล้เคียงกับขนาดของส่วนรับภาพ(เซ็นเซอร์) เช่น ถ้าใช้เซ็นเซอร์รับภาพขนาด Full frame ซึ่งมีขนาด 45 mm. ดังนั้น เลนส์ที่อยู่ในช่วงตั้งแต่ 35 mm. ถึง 58 mm. ก็จะเป็นเลนส์ Normal นั่นเอง

3.9.2.2 ระยะ Tele เป็นเลนส์ที่มีขนาดโฟกัสมากกว่าขนาดของเซ็นเซอร์รับภาพ เช่น 85 mm. , 105 mm. หรือ 135 mm.

3.9.2.3 ระยะ Wide เป็นเลนส์ที่มีขนาดโฟกัสมากกว่าขนาดของเซ็นเซอร์รับภาพ เช่น 14-24 mm 24 mm หรือ 28 mm

3.9.3 ความสัมพันธ์ระหว่างรูรับแสง ความเร็วชัตเตอร์ ค่าความไวแสงและภาพ

3.9.3.1 รูรับแสง (Aperture)

รูรับแสง จะอยู่ที่เลนส์ทุกตัว ซึ่งทำหน้าที่เหมือนประตูทางเข้าออกของแสง โดยรูรับแสงวัดค่าโดยใช้ F-stop ซึ่งในปัจจุบันจะพบว่าค่าที่ต่ำที่สุดจะอยู่ที่ F1.4-F22 ซึ่งค่า F น้อยจะหมายความว่า รูรับแสงกว้าง ถ้าค่า F มาก จะหมายความว่า รูรับแสงแคบ โดยที่ถ้าแสงเข้ามาได้เยอะจะทำให้ภาพสว่าง ตรงกันข้าม ถ้าหากเปิดรูรับแสงแคบแสงจะเข้าได้น้อยลง และจะทำให้ภาพมืด โดยนอกจากความสว่าง ความมืดของภาพแล้ว รูรับแสงยังควบคุมระยะชัดตื้น ชัดลึก ของภาพได้อีกด้วย ซึ่ง “ชัดตื้น” จะทำให้ได้ภาพหน้าชัดหลังเบลอ และภาพที่ชัดทั้งภาพคือภาพ “ชัดลึก” นั่นเอง

3.9.3.2 ความเร็วชัตเตอร์ (Speed Shutter)

ความเร็วชัตเตอร์ เป็นการปล่อยให้แสงผ่านเข้าไปในเซ็นเซอร์ โดยใช้รูปแบบของเวลาเป็นตัวกำหนด ความเร็วชัตเตอร์สูง หรือแสดงด้วยตัวเลข 1/xxx ตัวเลขยิ่งมากหมายถึงความเร็วชัตเตอร์ที่สูงมาก ม่านชัตเตอร์จะเปิดและปิดในระยะเวลาเป็นเศษส่วนของวินาที แสงจะเข้าไปได้ตามเวลาที่ม่านชัตเตอร์เปิดเท่านั้น กลับกัน ตัวเลขน้อยๆ หมายถึงความเร็วชัตเตอร์ต่ำ เช่น 10, 5, 2, หมายถึงเวลาที่ม่านชัตเตอร์เปิดเป็นวินาที แสงจะเข้าได้มาก-น้อยตามเวลาที่เลือก

3.9.3.3 ค่าความไวแสง (ค่า ISO)

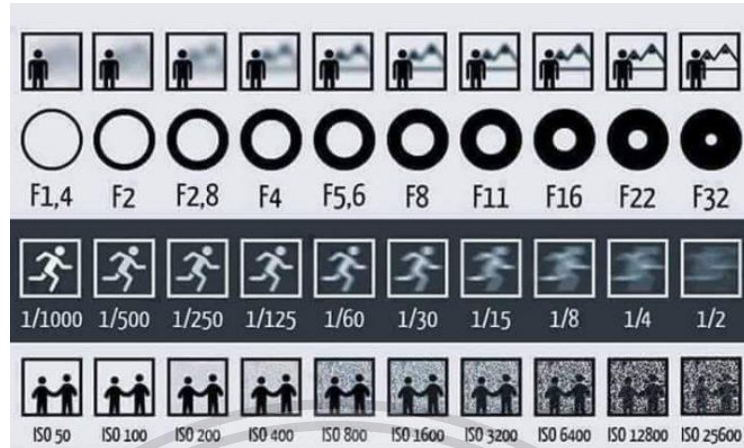
ISO ย่อมาจาก “International Organisation for Standardisation” ซึ่งหมายถึง องค์กรที่กำหนดมาตรฐานสากล ค่า ISO นั้นเป็นหนึ่งในตัวควบคุมแสงของกล้อง ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกความไวต่อแสงของเซ็นเซอร์กล้อง ยิ่งมีค่า ISO มากเท่าใด ก็จะมีค่าความไวแสงที่ใช้นั้นมีความไวแสงมาก

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ซึ่งเป็นประโยชน์มากเมื่อถ่ายภาพในสภาพแสงน้อย เนื่องจากช่วยให้ถ่ายสภาพแวดล้อมของแบบได้ โดยไม่ต้องใช้แฟลช และหากว่าใช้ค่า ISO ต่ำ ก็จะต้องเปิดแฟลชเพื่อให้ได้ผลลัพธ์แบบเดียวกัน



รูปที่ 3.19 ความสัมพันธ์ของรูรับแสง ความเร็วชัตเตอร์ และ ค่าความไวแสง
(ที่มา : <https://www.fotoinfo.online>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

อุปกรณ์ และขั้นตอนการดำเนินงาน

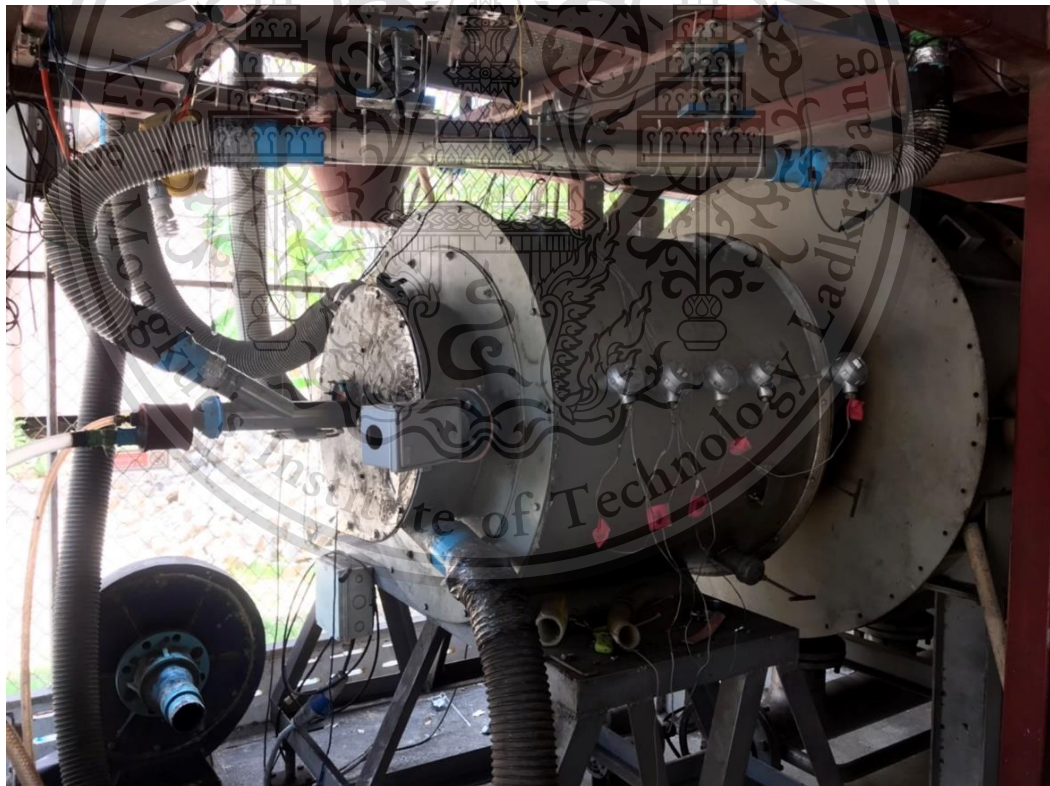
4.1 อุปกรณ์ [30]

4.1.1 ระบบการเผาไหม้

4.1.1.1 ห้องเผาไหม้

1) ห้องเผาไหม้ช่วย

ห้องเผาไหม้ช่วย (Pre-chamber) การจัดทำห้องเผาไหม้ช่วยขึ้นมานั้น เนื่องจากว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลนั้นต้องใช้เวลาที่ค่อนข้างนาน เนื่องจากมีสัดส่วนสารระเหยที่เผาไหม้ได้สูง จึงทำให้ต้องสร้างห้องเผาไหม้ช่วยขึ้นมาเพื่อให้การเผาไหม้ส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นบริเวณห้องเผาไหม้ช่วย อีกทั้งยังสามารถช่วยรักษาประสิทธิภาพในการเผาไหม้



รูปที่ 4.1 ห้องเผาไหม้ช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2) ห้องเผาไหม้หลัก

ห้องเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล ประกอบด้วย ห้องเผาไหม้หลักที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.1 เมตร ยาว 1.2 เมตร โดยผนังทำจากปูนไฟและเซรามิกไฟเบอร์ โดยถูกติดตั้งไว้

This material is reserved for educational use only and is not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บนโครงสร้างห้องเผาไหม้ โดยห้องเผาไหม้หลักจะมีการเชื่อมต่อกับชุดสกรูระบายไถ่้าหนัก และอ่างพักไถ่้าหนัก เพื่อเป็นการระบายไถ่้าและเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมดต่อไป



รูปที่ 4.2 ห้องเผาไหม้หลัก



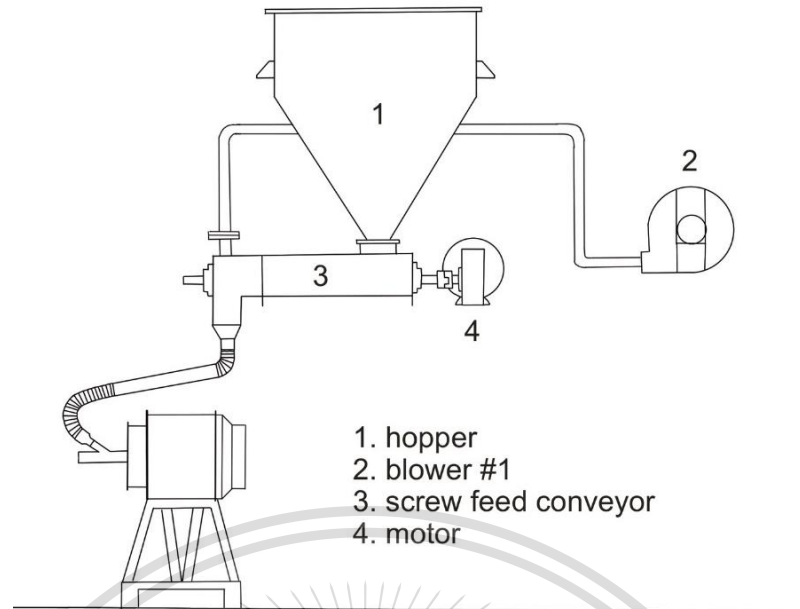
รูปที่ 4.3 อ่างขี้ไถ่้าระบายหนัก

4.1.1.2 ระบบป้อนเชื้อเพลิง

ระบบป้อนเชื้อเพลิงเป็นระบบที่มีความสำคัญที่สุดระบบหนึ่งในการเผาไหม้ ซึ่งเป็นระบบที่เอกสารนี้เป็น ใช้อุปกรณ์หลายตัวในการทำงานเพื่อป้อนเชื้อเพลิงร่วมกัน ได้แก่ ถังพักเชื้อเพลิง ระบบสกรูขนส่ง การค้าไม่ว่ากรณีใ เครื่องอั้งสัน และท่อขนส่งเชื้อเพลิง โดยอุปกรณ์ย่อยต่างๆ จะแสดงตามแผนผังดังรูปกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.4 แผนผังแสดงการติดตั้งระบบป้อนเชื้อเพลิง

1) ถังพักเชื้อเพลิง

ถังพักเชื้อเพลิง (Hopper) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับบรรจุเชื้อเพลิงแข็งที่เตรียมเพื่อทำการส่งถ่ายเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ช่วย



รูปที่ 4.5 ถังพักเชื้อเพลิง

2) ระบบสกรูขนส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ระบบสกรู เป็นระบบให้การส่งถ่ายเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ โดยความเร็วของสกรูการค้ำ
ไม่ว่ากรณีใดจะเป็นตัวควบคุมอัตราการขนถ่ายเชื้อเพลิง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.6 สกรูขนส่ง

3) เครื่องสั้น

เครื่องสั้นสะท้อนจะถูกติดตั้งบริเวณผนังของถังพักเชื้อเพลิง เพื่อช่วยให้เชื้อเพลิงมีอัตราการไหลต่อเนื่อง

4) ท่อขนส่งเชื้อเพลิง

ท่อขนส่งเชื้อเพลิง เป็นท่อลำเลียงเชื้อเพลิงพร้อมกับอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้และอุปกรณ์สั้น



รูปที่ 4.7 ท่อขนส่งเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ช่วย

4.1.1.3 ระบบจ่ายอากาศ

ระบบจ่ายอากาศสำหรับหัวเผาเชื้อเพลิงชีวมวลผง มีการออกแบบโดยการแบ่งอากาศออกเป็นสามส่วนตามหน้าที่ของการทำงาน ดังนี้

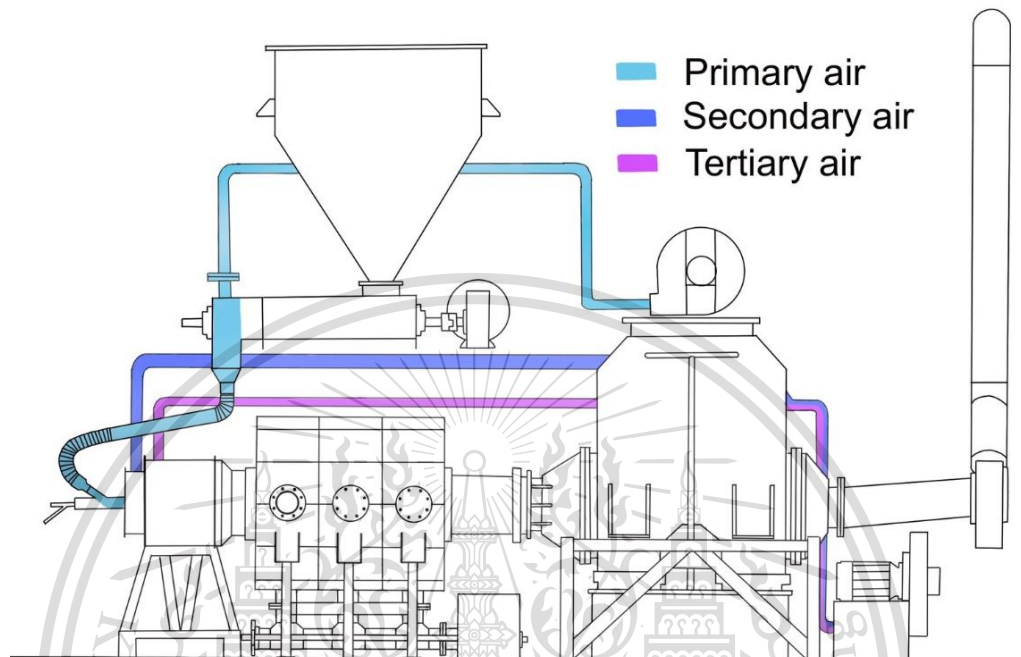
1) อากาศส่วนที่หนึ่ง (Primary Air) ส่วนนี้ใช้สำหรับการจุดหัวเผา และให้เป็นอากาศส่วนที่นำเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ โดยควบคุมอัตราการไหลผ่านอินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ 2) อากาศส่วนที่สอง (Secondary Air) อากาศส่วนนี้ใช้เพื่อเป็นอากาศหลักที่ใช้ในการเผาไหม้ ไม่ว่าจะเป็นการเผาไหม้ ซึ่งจะออกแบบให้อากาศไหลผ่านใบบิด (swirl blades) ก่อนเข้าสู่หัวเผา ทำให้อากาศใช้

This part is reserved for use. ส่วนนี้ถูกส่งเข้าสู่ห้องเผาไหม้ในลักษณะการหมุนควง ซึ่งควบคุมอัตราการไหลโดยวาล์วปีกผีเสื้อ

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3) อากาศส่วนที่สาม (Tertiary Air) อากาศส่วนนี้มีหน้าที่หล่อเย็นห้องเผาไหม้ช่วย และเผาไหม้เชื้อเพลิงที่เหลือจากการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ช่วย (Pre-chamber) ซึ่งควบคุมอัตราการไหลโดยวาล์วปีกผีเสื้อ



รูปที่ 4.8 แผนผังแสดงระบบจ่ายอากาศ



รูปที่ 4.9 โบลเวอร์ที่ใช้ในการป้อนอากาศสู่ห้องเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.10 Pressure transmitter

4.1.1.4 ระบบบำบัด

ถังบำบัดเป็นส่วนที่สำคัญที่รวมระบบลดอุณหภูมิไอเสีย (evaporative cooling) และระบบกำจัดฝุ่นแบบเปียก (wet scrubber) เข้าไว้ด้วยกัน นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งระบบหมุนเวียนน้ำ และพัดลมดูดแก๊สไอเสีย ไว้ที่ด้านหลังห้องทดลองดังรูป



รูปที่ 4.11 Wet Scrubber

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และห้องวิจัยยังสงวนเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.12 ทางออกของระบบบำบัดไอเสีย (ซ้าย) พัดลมดูดไอเสีย (ขวา)



รูปที่ 4.13 บ่อพักน้ำ

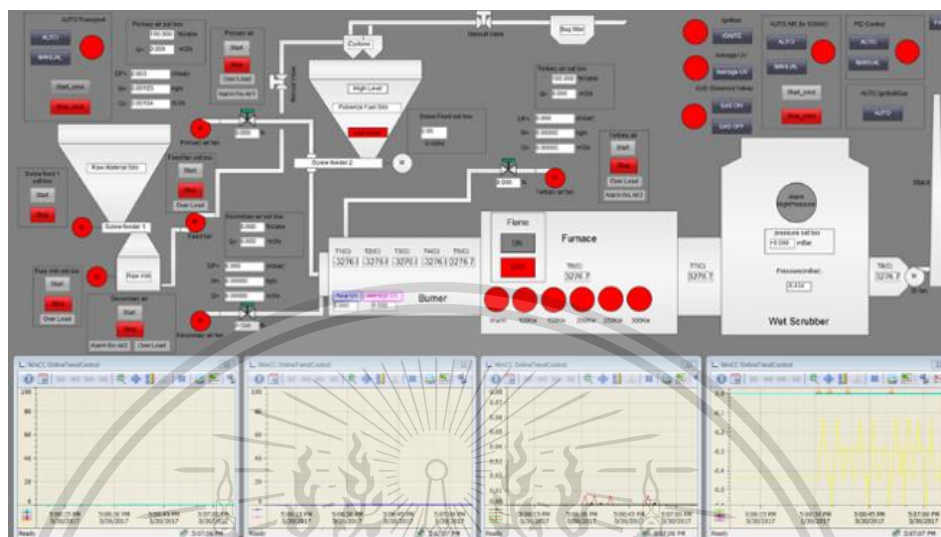
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.1.5 PLC

เป็นระบบที่ใช้ในการควบคุมการเผาไหม้ ใช้ควบคุมระบบการป้อนอากาศ และอุณหภูมิต่างๆ ที่ใช้ในการเผาไหม้ โดยมีลักษณะการแสดงผลดังภาพ



รูปที่ 4.14 จอแสดงผล PLC

4.1.2 ระบบการตรวจวัด

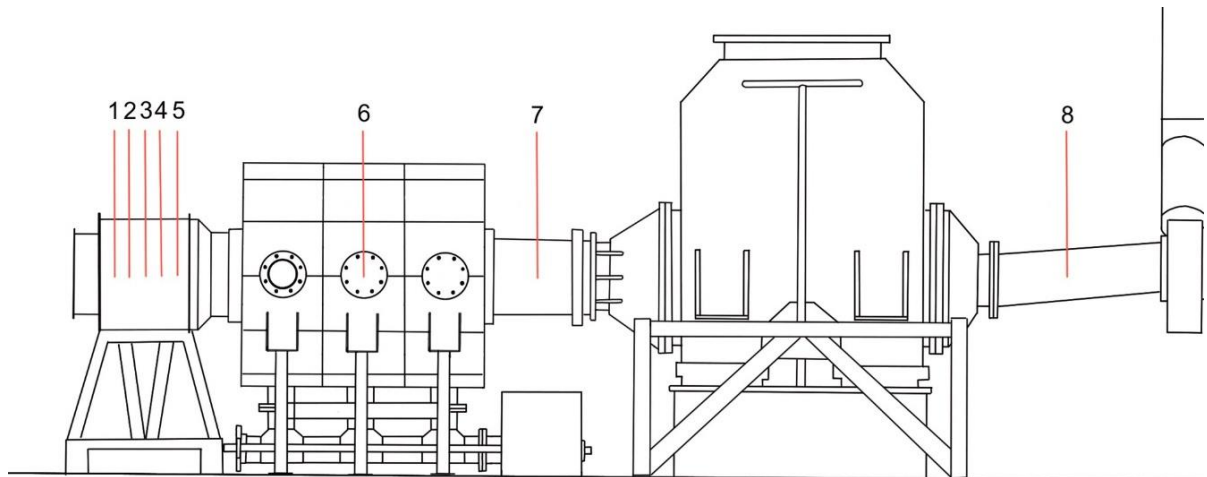
4.1.2.1 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ [31,32]

อุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่ใช้ครั้งนี้ คือ Thermocouple เป็นอุปกรณ์ที่มีเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ โดยประกอบด้วยโลหะ 2 ชนิดที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าต่างกัน โดยเชื่อมปลายของโลหะเข้าด้วยกัน เมื่อโลหะมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าแตกต่างกันจะเกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าที่สามารถแปลงเป็นค่าอุณหภูมิได้ โดยในการทดลองในครั้งนี้เลือกใช้เป็น Thermocouple type K ซึ่ง Thermocouple type K จะผลิตจากโลหะ Nickel Chromium และ Nickel Alumel ซึ่ง Thermocouple type K จะเป็นที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากมีราคาที่ไม่สูง มีความแม่นยำในการวัดสูง มีช่วงอุณหภูมิที่วัดได้กว้าง คือมีช่วงการวัดอุณหภูมิอยู่ที่ -200°C ถึง $+1350^{\circ}\text{C}$ และมีความเสถียรมาก โดยจะติดตั้ง Thermocouple ไว้ที่บริเวณภายในห้องเผาไหม้ช่วย 5 จุด บริเวณห้องเผาไหม้หลัก 1 จุด บริเวณทางออกของแก๊สไอเสีย 1 จุด และบริเวณปล่องไอเสียอีก 1 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.15 ไดอะแกรมการติดตั้ง Thermocouple Type K



รูปที่ 4.16 Thermocouple Type K

(ที่มา : <https://th.aliexpress.com/i/4000990844059.html>)

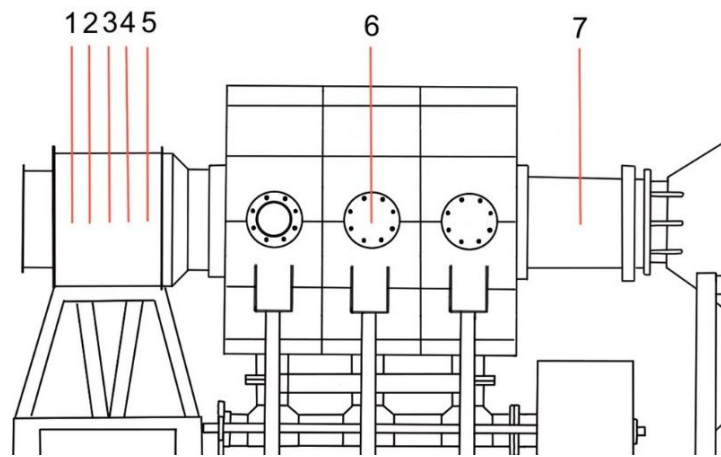
4.1.2.2 อุปกรณ์วัดแก๊สไอเสีย [31]

การวัดแก๊สไอเสียเป็นการวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้อีกอย่างหนึ่ง เพื่อตรวจวัดว่าการเผา

ไหม้ นั้นเป็นการเผาไหม้ นั้นเป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์หรือไม่ โดยการใช้การตรวจวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ก๊าซออกซิเจน (O₂) และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) โดยในการทดลองครั้งนี้ใช้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ อุปกรณ์ในการวัดแก๊สไอเสียคือ Testo 330LL ดังรูป ซึ่งจะมีการติดตั้งไว้ที่ตำแหน่ง T₇

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.17 รูปแสดงตำแหน่งการติดตั้ง T7



รูปที่ 4.18 เครื่องวัดแก๊สไอเสีย Testo 330LL

(ที่มา : <https://www.kleinschmidtgbh.com/>)

4.1.2.3 กล้อง FLIR Blackfly-s

กล้อง FLIR เป็นอุปกรณ์การตรวจวัดแบบการจับภาพแล้วนำไปประมวลผลภาพ ซึ่งกล้องจะถูกติดตั้งบริเวณด้านหน้าห้องเผาไหม้ช่วย ซึ่งกล้อง FLIR เป็นกล้องที่ใช้ในการบันทึกภาพเปลวไฟใน

การทดลอง กล้อง FLIR Blackfly-S USB3 เป็นกล้องถ่ายภาพสีความเร็วสูงแบบ CCD ที่มีความเร็วเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า สูงสุด 226 เฟรมต่อวินาที มีการตอบสนองต่อความยาวคลื่นที่ตามองเห็นตั้งแต่ 380-740 นาโนเมตร ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ และมีความละเอียดสูงสุด 1.6 ล้านพิกเซล

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

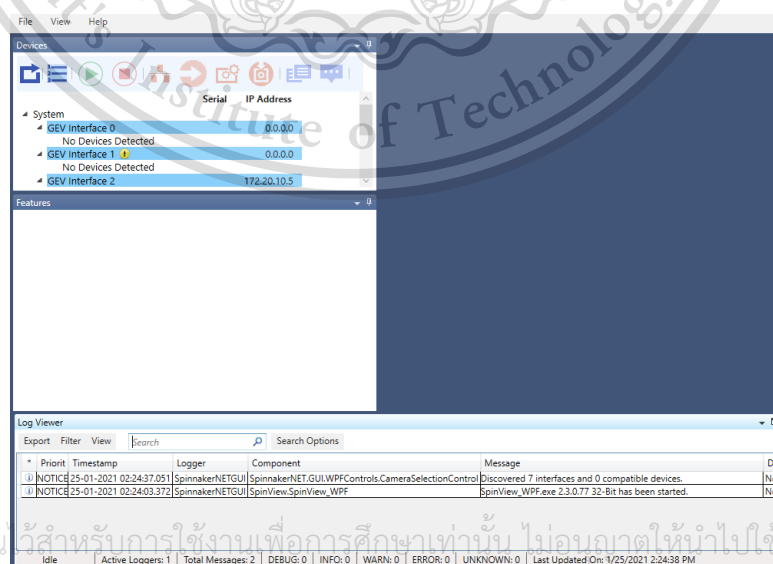


รูปที่ 4.19 กล้อง Flir Blackfly-S
(ที่มา : <https://www.flir.com/>)

4.1.2.4 อุปกรณ์การแปลงภาพ

- โปรแกรม Spinnaker SDK ,SpinView

เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการบันทึกภาพที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ Spinnaker SDK เป็นไลบรารี GenICam3 API รุ่นใหม่ของ FLIR ที่สร้างขึ้นสำหรับนักพัฒนาแมชชีนวิชั่น มี GUI ที่ใช้งานง่ายที่เรียกว่า SpinView ซึ่งโปรแกรม Spinnaker SDK รองรับ FLIR USB3, 10GigE และกล้องสแกนพื้นที่ GigE สามารถใช้งานได้ในระบบปฏิบัติการ: Windows 7 (32- และ 64-bit) / Windows 10 (32- และ 64-bit) / Desktop Ubuntu 18.04 (64-bit) / Desktop Ubuntu 16.04 (32-bit) / Ubuntu 18.04 (ARM64) / Ubuntu (16.04 ARMHF และ ARM64) / MacOS (Mojave & High Sierra)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only; not allowed for commercial use.

รูปที่ 4.20 หน้าต่างแสดงผลหน้าแรกของโปรแกรม SpinView

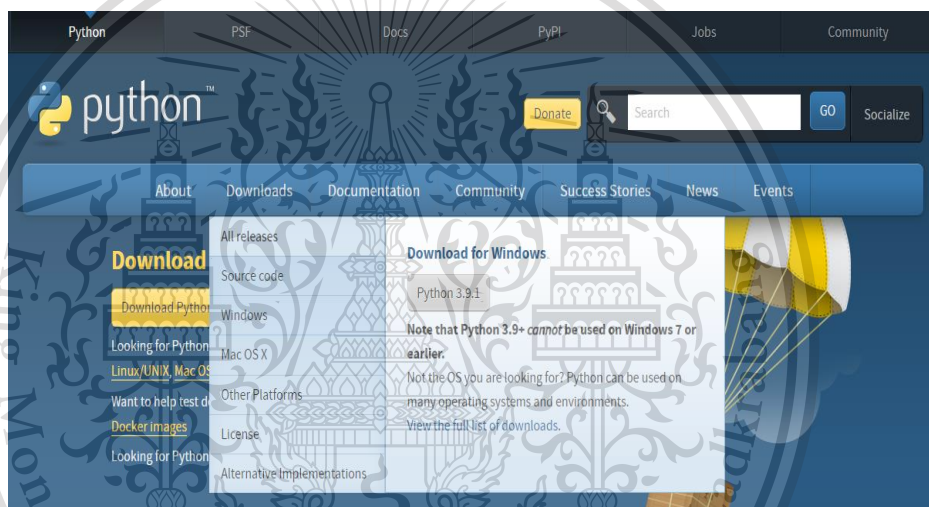
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- Python

Python (ไพธอน) คือ ภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระดับสูง มีความใกล้เคียงกับภาษามนุษย์ (Natural language) มากกว่าภาษาคอมพิวเตอร์ (Machine language) มีการทำงานแบบ Interpreter คือเป็นการแปลชุดคำสั่งทีละบรรทัด เพื่อป้อนเข้าสู่หน่วยประมวลผลให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามที่เราต้องการ ทำให้สะดวกต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น

1. การติดตั้งโปรแกรมภาษา Python

เข้าไปที่เว็บไซต์ <https://www.python.org/downloads> คลิกที่ Downlodes จากนั้นคลิกที่ All releases เพื่อเลือกเวอร์ชันที่ต้องการ



รูปที่ 4.21 หน้าต่างเว็บไซต์ www.python.org/downloads

ในหน้าของการดาวน์โหลดนั้น จะปรากฏ Package ของภาษา Python เพื่อใช้การติดตั้ง แนะนำให้เลือกเวอร์ชันที่ถูกพัฒนาล่าสุด ณ ปัจจุบัน คือ Python 3.9.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Looking for a specific release?

Python releases by version number:

Release version	Release date		Click for more
Python 3.8.7	Dec. 21, 2020	Download	Release Notes
Python 3.9.1	Dec. 7, 2020	Download	Release Notes
Python 3.9.0	Oct. 5, 2020	Download	Release Notes
Python 3.8.6	Sept. 24, 2020	Download	Release Notes
Python 3.5.10	Sept. 5, 2020	Download	Release Notes
Python 3.7.9	Aug. 17, 2020	Download	Release Notes
Python 3.6.12	Aug. 17, 2020	Download	Release Notes
Python 3.8.5	July 20, 2020	Download	Release Notes

[View older releases](#)

รูปที่ 4.22 โปรแกรมPython ในรุ่นต่างๆ

เมื่อติดตั้งโปรแกรมภาษา Python เสร็จเรียบร้อยแล้ว สามารถตรวจสอบการติดตั้ง โดยการเปิด Command line จากนั้น พิมพ์คำว่า python ถ้าหากได้ผลลัพธ์ดังรูป ถือว่าการติดตั้งนั้นเสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 4.23 หน้าต่างที่แสดงผลการติดตั้งสำเร็จ

สามารถดูวิธีการติดตั้งโดยละเอียดได้ที่ <https://medium.com/@moungsiri/การติดตั้ง-python-eb737dfcd408>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- Open CV

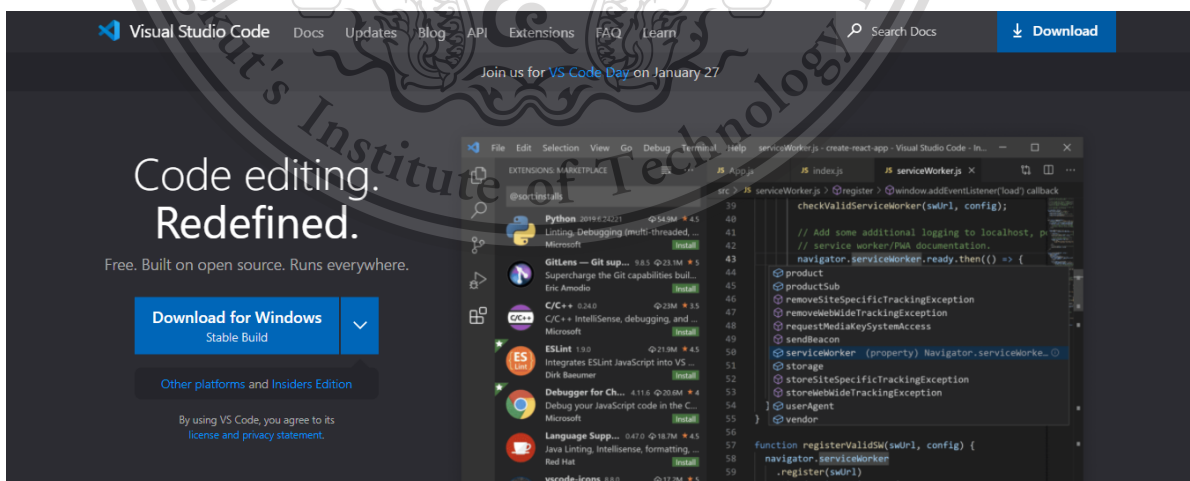
Open CV เป็นไลบรารีฟังก์ชันการเขียนโปรแกรม (Library of Programming Functions) ที่ใช้สำหรับการประมวลผลภาพมีการแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์แบบเรียลไทม์ (Real-Time) หรือเรียกว่าการแสดงผลแบบทันทีซึ่งให้ผลลัพธ์ที่รวดเร็วต่อการใช้งาน ไลบรารีนี้ ถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษา C++ และ ภาษา C และยังมีอินเตอร์เฟส (interface) ที่ไว้ เชื่อมต่อกับกล่องเครื่องมือ (tool) เช่น Python, Ruby, Matlab เป็นต้นวิธีการติดตั้งค่อนข้างยุ่งยากสามารถดูวิธีการติดตั้งได้ที่ <https://medium.com/boobeejung/how-to-install-opencv-python-55a140b4a4f2>

- Visual Studio Code

Visual Studio Code หรือ VS Code คือ โปรแกรมประเภท Editor ที่ถูกออกแบบมาเพื่ออำนวยความสะดวกในการเขียนโปรแกรม ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน มีเครื่องมือหลากหลายให้เลือกใช้ เป็น Open Source สามารถใช้ได้ฟรีไม่มีค่าใช้จ่ายเหมาะสำหรับนักพัฒนาโปรแกรมที่ต้องการใช้งานหลายแพลตฟอร์ม รองรับการใช้งานทั้งบน Linux , macOS , Windows รองรับมากกว่า 30 โปรแกรมภาษา เช่น Python , C# , C++ , HTML , JavaScript เป็นต้น

1. การติดตั้งโปรแกรม Visual Studio Code

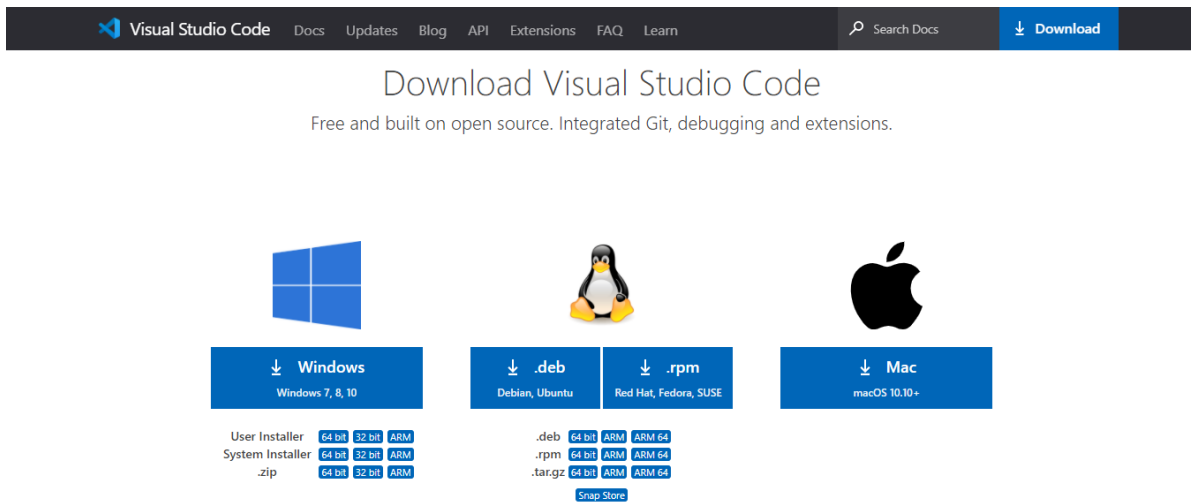
เข้าไปที่เว็บไซต์ <https://code.visualstudio.com/> คลิก ที่ปุ่ม Download



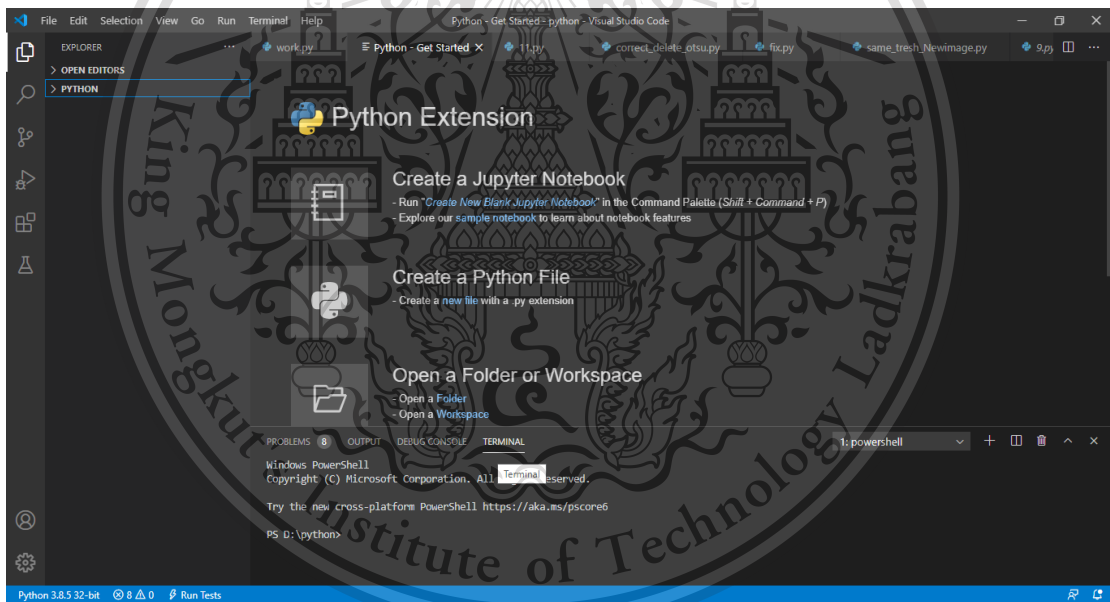
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 4.24 หน้าต่างเว็บไซต์ www.code.visualstudio.com ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.25 หน้าต่างการดาวน์โหลดโปรแกรม



รูปที่ 4.26 หน้าตาของโปรแกรมที่ติดตั้งสำเร็จ

สามารถดูวิธีการติดตั้งโดยละเอียดได้ที่

[https://medium.com/@narongkongkongprasert /การติดตั้งโปรแกรม -visual-studio-code-](https://medium.com/@narongkongkongprasert /การติดตั้งโปรแกรม -visual-studio-code-3c54c830f7d0)

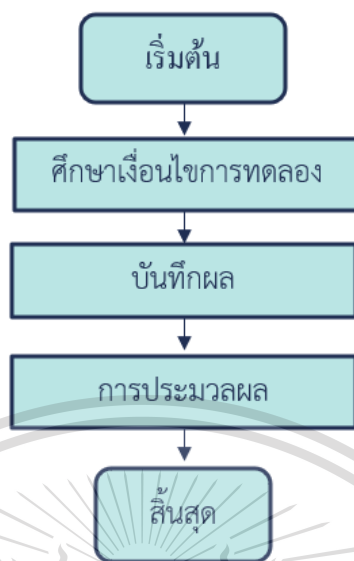
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย



รูปที่ 4.27 แผนผังขั้นตอนดำเนินการวิจัย

4.2.1 เงื่อนไขการทดลอง

ในการทดลองผู้วิจัยต้องทราบถึงลักษณะ และคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ เพื่อนำมาวิเคราะห์สมการการเผาไหม้ และได้มาซึ่งค่าของอัตราส่วนระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ เงื่อนไขการทดลองเกี่ยวกับการเผาไหม้ทั้งหมดอ้างอิงจากปริญญาานิพนธ์ปี 2563 เรื่อง การศึกษาผลกระทบของเชื้อเพลิงผสมสำหรับหม้อไอน้ำในภาคอุตสาหกรรม แบบเชื้อเพลิงผงสำหรับหม้อไอน้ำในภาคอุตสาหกรรม Effect of Blended Coal-Palm Kernel Shell on Pulverized Combustion For Industrial Boiler[30]

4.2.2.1. องค์ประกอบธาตุทางเคมีของเชื้อเพลิงต่างๆ

เชื้อเพลิงไม้ยางพาราอัดเม็ดตารางที่ 4.1 เชื้อเพลิงถ่านหินที่ใช้เป็นถ่านหิน Sub-bituminous ซึ่งนำส่งตรวจองค์ประกอบธาตุได้ดังตารางที่ 4.2 และเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้เป็นกะลาปาล์ม ซึ่งนำส่งตรวจองค์ประกอบธาตุได้ดังตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบของไม้ยางพาราอัดเม็ด

คุณสมบัติ	สภาพนำส่ง	สภาพน้ำหนักแห้ง
ความชื้น ,%	17.32	-
สารระเหย ,%	76.68	81.41
ถ่านคงตัว ,%	15.23	16.16
เถ้า ,%	2.28	2.43
ไฮโดรเจน ,%	6.31	6.01
คาร์บอน ,%	45.42	48.22
ไนโตรเจน ,%	0.45	0.48
ออกซิเจน ,%	45.54	42.36
ซัลเฟอร์ ,%	9.00	0.40
ค่าความร้อนสูง , กิโลแคลอรี/ กก.	4180	4440
ค่าความร้อนต่ำ ,กิโลแคลอรี/ กก.	3860	4100

ที่มา : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

ตารางที่ 4.2 แสดงส่วนประกอบของถ่านหิน Sub-bituminous

คุณสมบัติ	สภาพนำส่ง	สภาพน้ำหนักแห้ง
ความชื้น ,%	17.32	-
เถ้า ,%	3.65	4.41
ไฮโดรเจน ,%	5.93	4.84
คาร์บอน ,%	57.10	69.06
ไนโตรเจน ,%	1.18	1.43
ออกซิเจน ,%	31.71	19.74
ซัลเฟอร์ ,%	0.43	0.52
ค่าความร้อนสูง , กิโลแคลอรี/ กก.	5480	6630
ค่าความร้อนต่ำ ,กิโลแคลอรี/ กก.	5180	6270

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ขอเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

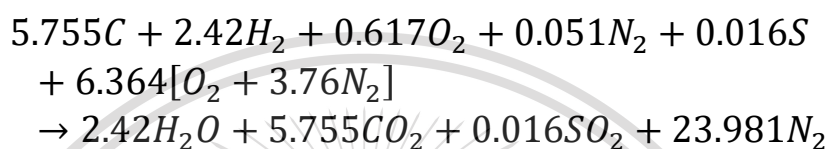
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.2.2. สมการการเผาไหม้ถ่านหิน

เชื้อเพลิงถ่านหินที่ใช้เป็นถ่านหิน Sub-bituminous ซึ่งตาราง 4.2 จะแสดงถึงส่วนประกอบของธาตุทางเคมีของถ่านหิน Sub-bituminous ซึ่งในกรณีศึกษาจะศึกษากระบวนการเผาไหม้ที่สภาวะ stoichiometry โดยคิดสภาพเชื้อเพลิงแบบ dry basis

1). พิจารณาถ่านหิน Sub-bituminous ที่สภาพน้ำหนักแห้ง ที่สภาวะ stoichiometry

เมื่อวิเคราะห์เชื้อเพลิง ณ สภาพน้ำหนักแห้งตามตารางที่ 4.2 จะสามารถเขียนสมการเผาไหม้เชื้อเพลิงพร้อมดุลสมการทางเคมี ได้ดังนี้



จากการวิเคราะห์สมการการเผาไหม้ทำให้ได้ค่าอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (AF ratio) ที่สภาวะ stoichiometry ประมาณ $7.224 \text{ kg}_{air}/\text{kg}_{fuel}$

2.) คำนวณอัตราการไหลเชิงมวลอากาศ

จากค่า AF ratio ที่ได้นำมาหาค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ สร้างตารางการทำงานที่สภาวะการทำงานต่างๆ และแบ่งค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเป็น 3 ทาง โดยแบ่งเป็นสัดส่วน 25 ,65 และ 10 ตามลำดับ โดยกำหนดให้ค่าความหนาแน่นจำเพาะของอากาศคงที่ที่ค่า 1 บรรยากาศ มีค่าเท่ากับ $1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$ ได้ดังนี้

Subbituminous					
ratio	kW	Hz	pri (m ³ /s)	sec (m ³ /s)	tri (m ³ /s)
25:65:10	200	0.53	0.015	0.038	0.006
	300	0.89	0.022	0.058	0.009
สภาวะการทำงาน (kW)	pri air (m ³ /s)		sec air (m ³ /s)		tri air (m ³ /s)
200	0.015		0.038		0.006
300	0.022		0.058		0.009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.2 การบันทึกผล

-ทำการติดตั้งกล่องที่บริเวณเตาเผา



รูปที่ 4.28 บริเวณที่ติดตั้งกล่อง

รูปที่ 4.29 ลักษณะการติดตั้งกล่อง

-เก็บภาพเปลวไฟด้วยโปรแกรม SPINVIEW

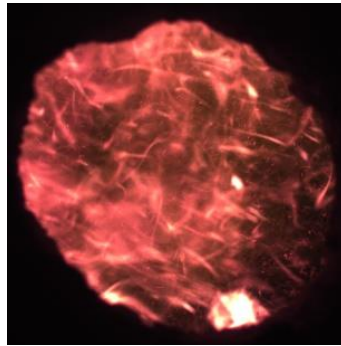


รูปที่ 4.30 โปรแกรม SpinView

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.31 ภาพสี RGB จากการเก็บภาพ



รูปที่ 4.32 ภาพ Gray Scale จากการประมวลผลภาพ



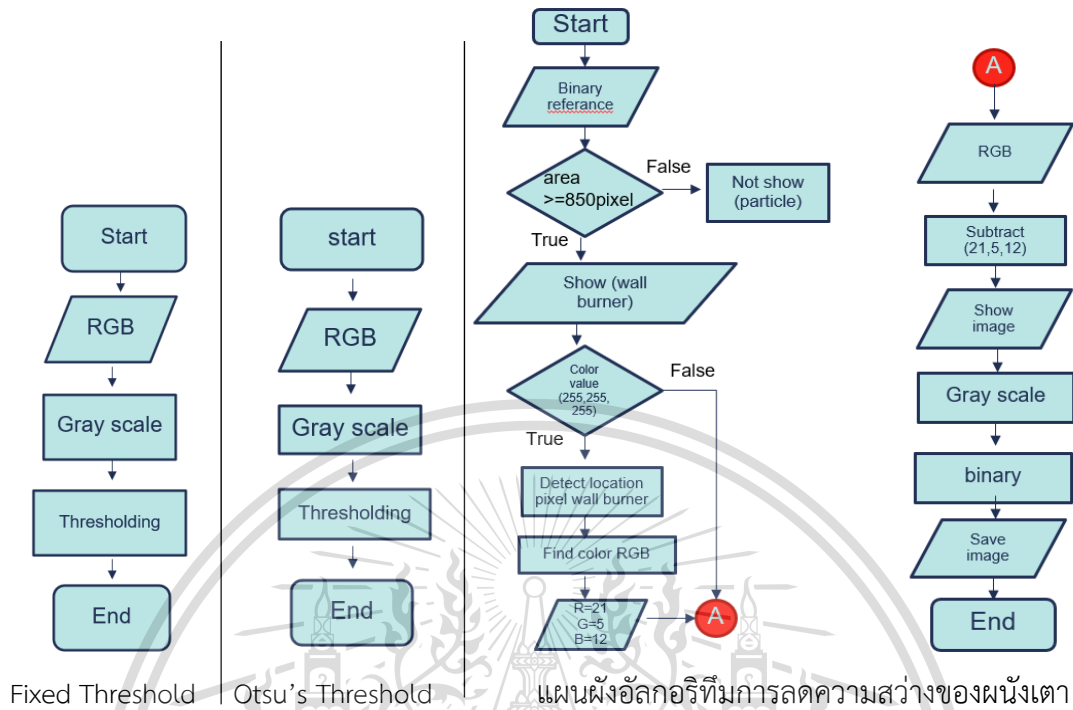
รูปที่ 4.33 ภาพ Binary จากการประมวลผลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

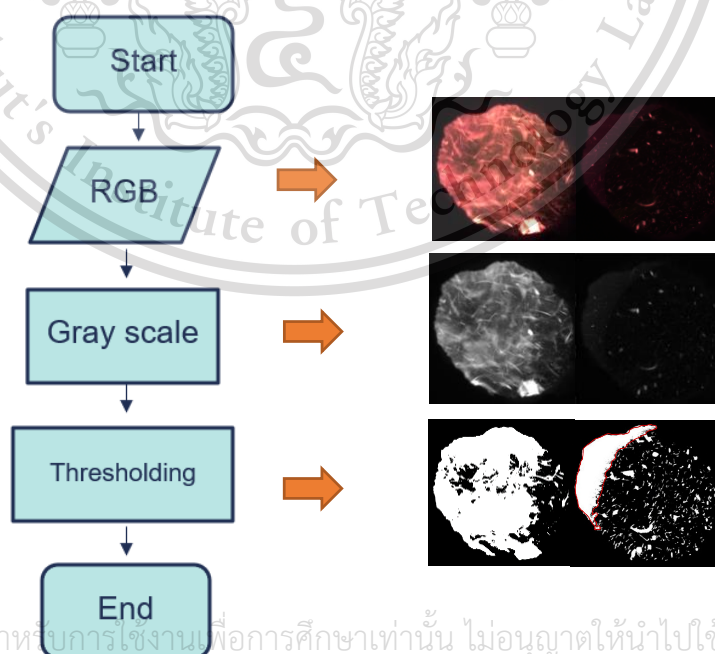
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.3 การประมวลผล



4.2.3.1 ขั้นตอนและวิธี

วิธีที่ 1 Fixed Threshold

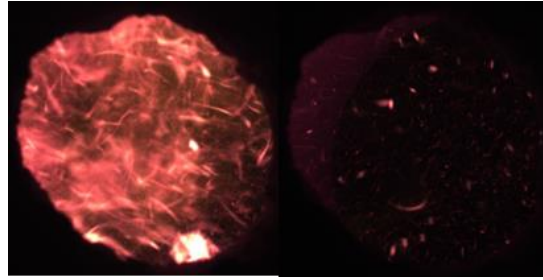


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for **รูปที่ 4.34** แผนผังอัลกอริทึม Fixed Threshold or commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- รับภาพเป็นภาพสี RGB



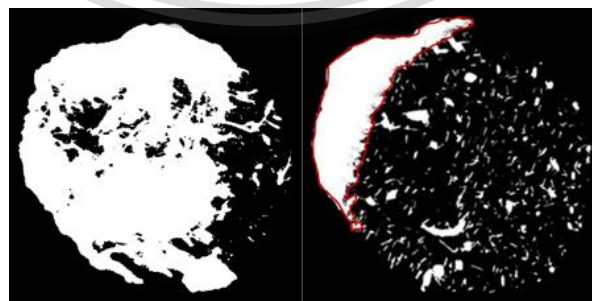
รูปที่ 4.35 ภาพสี RGB ที่ใช้ในวิธี Fixed Threshold

- ทำการแปลงภาพสี RGB เป็นภาพสีเทา (Gray scale)



รูปที่ 4.36 ภาพสีเทา (Gray scale) จากวิธี Fixed Threshold

- ทำการแปลงภาพสีเทาเป็นภาพขาวดำ(Binary)เลือกค่าเทรชโฮล (Threshold) ระหว่าง 0-255 เลือกจนกว่าจะได้ค่าที่เหมาะสมและสอดคล้องกับภาพสี RGB



รูปที่ 4.37 ภาพขาวดำ (Binary) จากวิธี Fixed Threshold

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

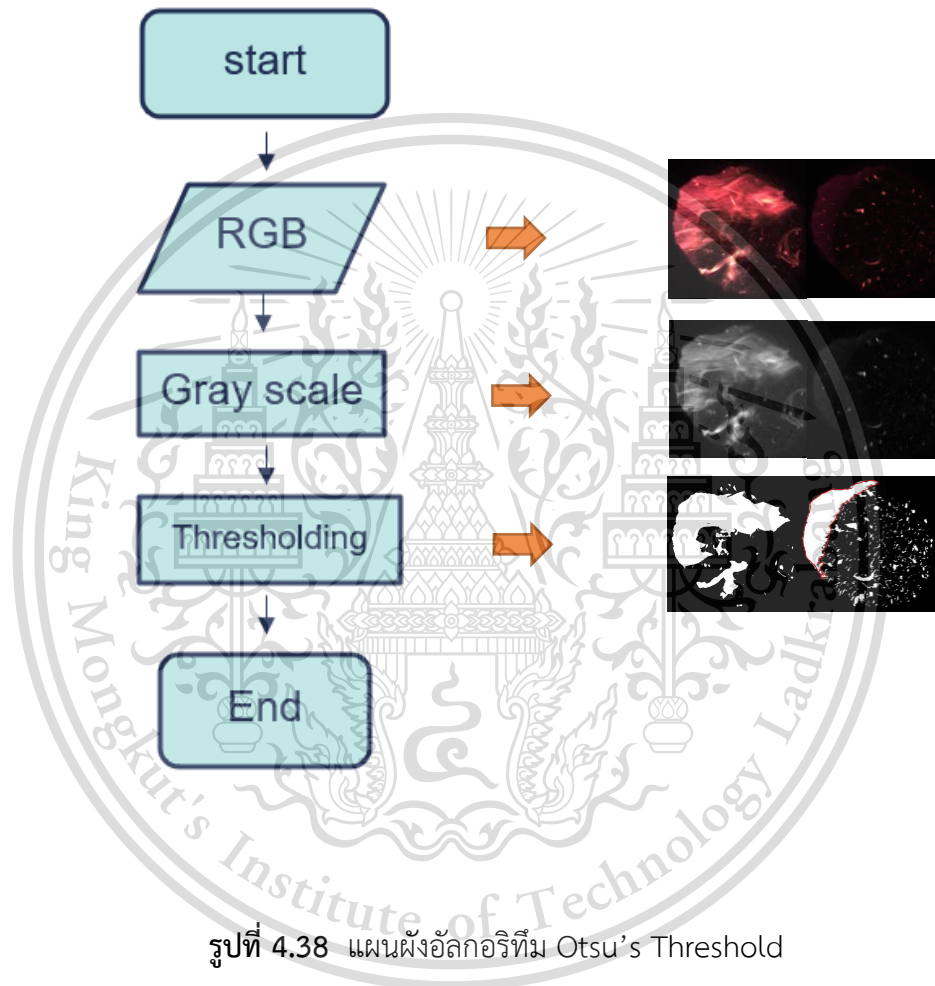
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- ทำการบันทึกภาพ

การแปลงภาพด้วยวิธีนี้มีข้อเสียคือ ต้องเลือกค่าเทรชโฮลเองทำให้ใช้เวลาในการเลือกค่าค่อนข้างนาน และผู้ใช้งานต้องมีประสบการณ์และแม่นยำในการเลือกค่า ในขณะที่ไฟดับ ภาพขาวดำ (Binary) นั้นไม่สอดคล้องกับภาพสี RGB คือมีการตรวจจับผนังเตาเป็นเปลวไฟ

วิธีที่ 2 Otsu's Threshold



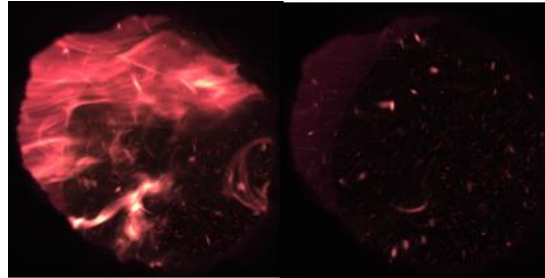
รูปที่ 4.38 แผนผังอัลกอริทึม Otsu's Threshold

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

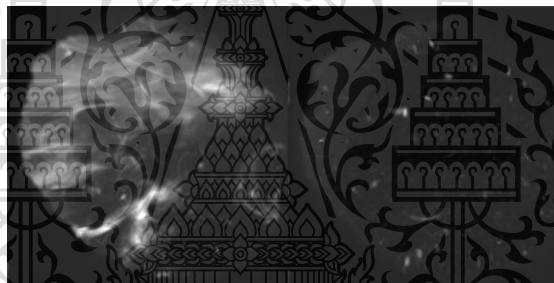
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- รับภาพเป็นภาพสี RGB



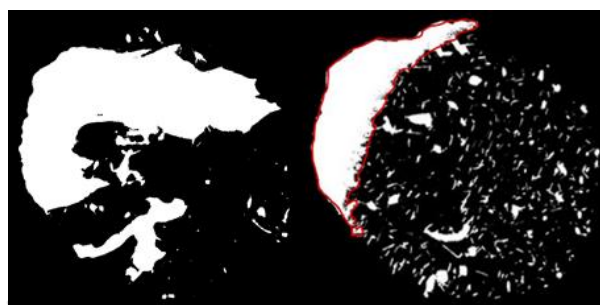
รูปที่ 4.39 ภาพสี RGB ที่ใช้ในวิธี Otsu's Threshold

- ทำการแปลงภาพสี RGB เป็นภาพสีเทา (Gray scale)



รูปที่ 4.40 ภาพสีเทา (Gray scale) จากวิธี Otsu's Threshold

- ทำการแปลงภาพสีเทาเป็นภาพขาวดำ (Binary) ด้วยวิธีการเลือกค่าเทรชโฮลแบบอัตโนมัติ (Otsu's Threshold)



รูปที่ 4.41 ภาพขาวดำ (Binary) จาก วิธี Otsu's Threshold

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

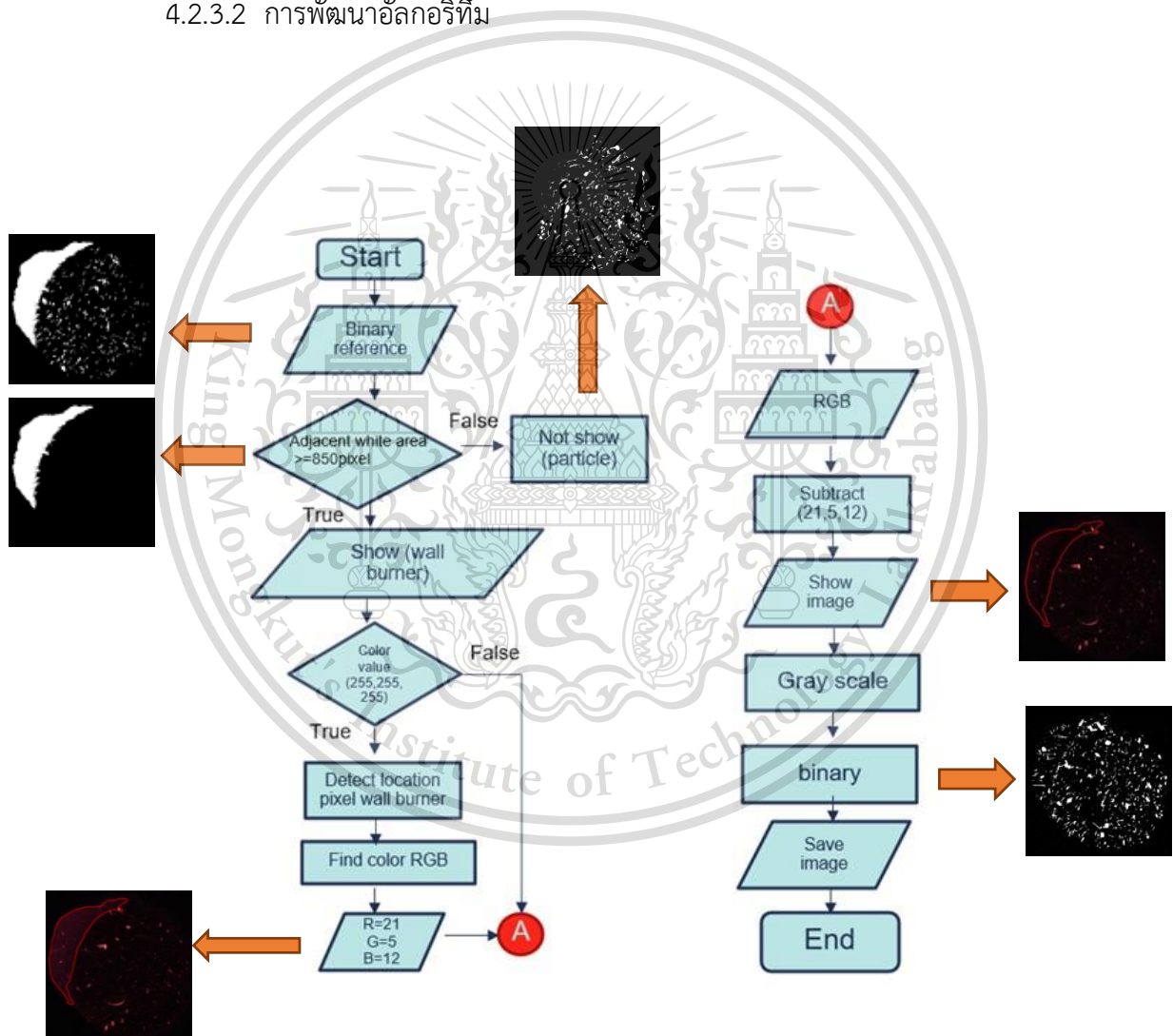
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- ทำการบันทึกภาพ

ผลลัพธ์ที่ได้คือ ในขณะที่ไฟติดภาพขาวดำสอดคล้องกับภาพสี RGB แต่ในขณะที่ไฟดับ ภาพขาวดำ นั้นไม่สอดคล้องกับภาพสี RGB คือมีการตรวจจับผนังเตาเป็นเปลวไฟ

ดังนั้นในวิจัยเล่มนี้จะใช้ภาพขาวดำที่ทำโดยวิธี Otsu's Threshold เนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาเลือกค่าเทรชโฮลเองแต่ วิธี Otsu's Threshold มีข้อเสียคือ ตรวจจับผนังเตาเป็นเปลวไฟ ดังนั้นจึงได้ทำการพัฒนาอัลกอริทึมขึ้นมาใหม่

4.2.3.2 การพัฒนาอัลกอริทึม



รูปที่ 4.42 แผนผังอัลกอริทึมการลดความสว่างของผนังเตา

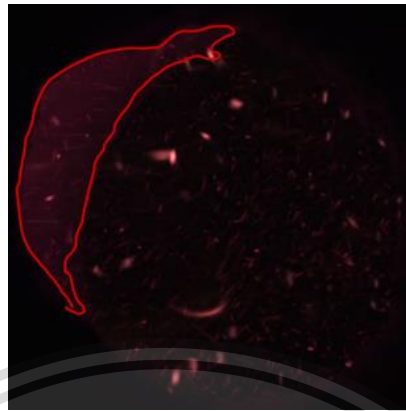
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การลดความสว่างของผนังเตา

- เลือกภาพสี RGB ที่เห็นภาพผนังเตาชัดเจนที่สุด ในขณะที่ไฟดับ



รูปที่ 4.43 ภาพสี RGB ที่ผนังเตาชัดเจนที่สุดขณะไฟดับ

- แปลงภาพสี RGB เป็นภาพขาวดำจะพบจำนวนพิกเซล(Pixel) ที่เกาะกลุ่มขนาดใหญ่คือ ผนังเตา จำนวนพิกเซลที่เกาะกลุ่มกันขนาดเล็กคือ อนุภาคของเปลวไฟ

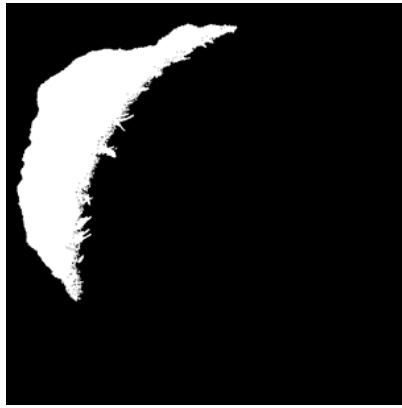


รูปที่ 4.44 ภาพขาวดำที่พบจำนวนพิกเซลเกาะกลุ่มขนาดใหญ่

- กำหนดค่าที่เหมาะสมสำหรับเป็นค่ากลางในการแยกอนุภาคเปลวไฟและผนังเตาออกจากกัน ถ้าหากมีจำนวนพิกเซลที่เกาะกลุ่มกันมากกว่าค่าที่กำหนดให้ถือว่าเป็นผนังเตา และแสดงภาพออกมา ถ้าหากมีจำนวนพิกเซลที่เกาะกลุ่มกันน้อยกว่าค่าที่กำหนดให้ถือว่าเป็นอนุภาคเปลวไฟ และไม่ต้องแสดงภาพออกมา ดังนั้นผลลัพธ์คือภาพผนังเตา จากนั้นจดจำตำแหน่งพิกเซลของภาพผนังเตาที่ได้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.45 ภาพขาวดำที่มีการกำหนดค่าว่าเป็นส่วนของผนังเตา

- รับภาพสี RGB ที่ใช้ในการอ้างอิงจากข้อที่ 1 เข้ามา ตรวจสอบค่าความสว่างของสีในแต่ละพิกเซล บริเวณผนังเตา นำค่าสีแต่ละพิกเซลมาทำการหาค่าเฉลี่ย พบว่าได้ ค่า $R = 21$, $G = 5$, $B = 12$ ใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาเป็นค่าสีอ้างอิง



รูปที่ 4.46 ภาพสี RGB ที่ได้รับการแก้ไขแล้ว

- รับภาพสี RGB ที่ต้องการแก้ไขเข้ามา ตรวจสอบค่าความสว่างของสีในแต่ละพิกเซลบริเวณผนังเตา นำค่าสีที่ได้มาลบกับค่าสีอ้างอิง ผลลัพธ์ที่ได้คือ ภาพสี RGB ที่ถูกแก้ไข มีค่าความสว่างบริเวณผนังเตาลดลงจากเดิม
- นำภาพสี RGB ที่ถูกแก้ไข แปลงเป็นภาพ ขาวดำ

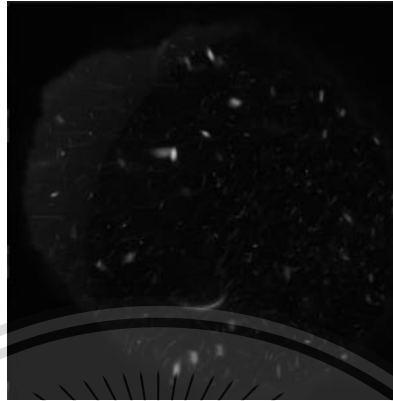
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

วิธีที่ 1 Otsu's Threshold

- รับภาพสี RGB ที่ถูกแก้ไขแล้ว (รูปที่ 4.46)
- ทำการแปลงภาพสี RGB ที่ถูกแก้ไขแล้ว เป็นภาพสีเทา (Gray scale)



รูปที่ 4.47 ภาพสีเทา (Gray scale) ของภาพสี RGB ที่ได้รับการแก้ไขแล้วของวิธี Otsu's Threshold

- ทำการแปลงภาพสีเทาเป็นภาพขาวดำ (Binary) ด้วยวิธีการเลือกค่าเทรชโฮลแบบอัตโนมัติ (Otsu's Threshold)



รูปที่ 4.48 ภาพขาวดำของภาพที่ได้รับการแก้ไขแล้วของวิธี Otsu's Threshold

- บันทึกภาพ

จากภาพขาวดำที่ได้พบว่าในขณะที่ไฟดับไม่มีการตรวจจับผนังเตาเป็นเปลวไฟ ภาพขาวดำที่

ได้มีจำนวนอนุภาคเปลวไฟลดลงซึ่งไม่สอดคล้องกับภาพสี RGB เมื่อทำการลดค่าความสว่างของผนัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ อธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โทร. 02-426-5000

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

วิธีที่ 2 Fixed Threshold

- รับภาพสี RGB ที่แก้ไขแล้ว (รูปที่ 4.46)
- ทำการแปลงภาพสี RGB เป็นภาพสีเทา (Gray scale)
- ทำการแปลงภาพสีเทาเป็นภาพขาวดำ (Binary) ด้วยวิธีการเลือกค่าเทรชโฮลแบบ

อัตโนมัติ (Otsu's Threshold) และจดจำค่าเทรชโฮล เพื่อใช้เป็นค่าเทรชโฮลอ้างอิง



รูปที่ 4.49 ภาพขาวดำ (Binary) ของรูปที่ 4.41

รับภาพสี RGB ที่ถูกแก้ไขแล้ว (รูปที่ 4.46)

ทำการแปลงภาพสี RGB ที่ถูกแก้ไขแล้ว เป็นภาพสีเทา (Gray scale)



รูปที่ 4.50 ภาพสีเทา (Gray scale) ของภาพสี RGB ที่ได้รับการแก้ไขแล้วของวิธี Fixed Threshold

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเป็นต้นแบบโครงงาน และต้องอ้างอิงถึงชื่อเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการแปลงภาพสีเทาเป็นภาพขาวดำ (Binary) ด้วยวิธี Fixed Threshold โดยใช้
ค่าเทรชโฮลเดียวกันกับค่าเทรชโฮลอ้างอิง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.51 ภาพขาว-ดำ (Binary) ของภาพสี RGB ที่ได้รับการแก้ไขแล้วของวิธี Fixed Threshold

- บันทึกภาพ

จากภาพขาวดำที่ได้พบว่าขณะที่ไฟดับในไม่มีการตรวจจับผนังเตาเป็นเปลวไฟ และจำนวนอนุภาคที่ได้ก็สอดคล้องกับภาพสี RGB



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

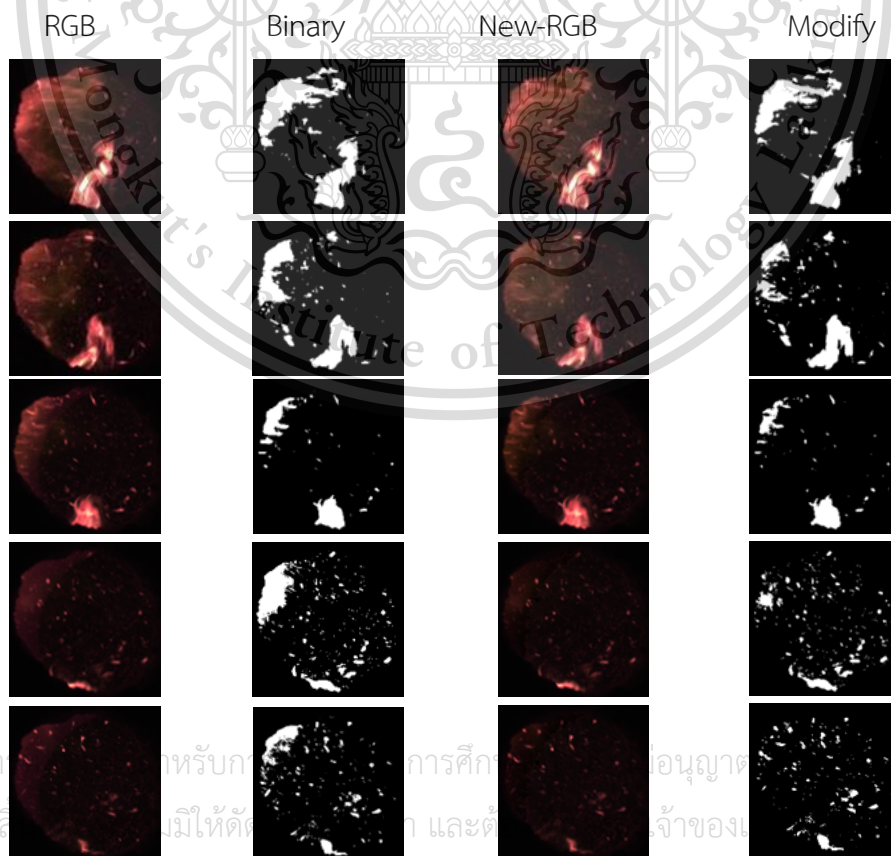
บทที่ 5

ผลการทดลอง และการอภิปรายผลการทดลอง

จากบทที่ผ่านมาเราได้ทราบถึงอุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานในการประมวลผลภาพ รวมไปถึงขั้นตอนการวิจัย เงื่อนไขการทดลอง องค์ประกอบต่างๆในเชื้อเพลิงเผาไหม้ สมการการเผาไหม้ของสารนั้นๆ คำนวณอัตราการไหลเชิงมวล การบันทึกผลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว สำหรับบทนี้จึงเป็นการนำเสนอผลการทดลอง และอภิปรายผลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งนำไปสู่ข้อสรุปความเสถียรภาพของเปลวไฟในเชื้อเพลิงแบบต่างๆ

5.1 ผลการทดลองการแก้ไขข้อบกพร่องในการตรวจจับเสถียรภาพของเปลวไฟจากเชื้อเพลิงไม้ยางพาราอัดเม็ด

ผลการทดลองที่ได้มาจากการจับภาพเปลวไฟจากการเผาไหม้ไม้ยางพาราอัดเม็ดที่อัตราการเผาไหม้ 250 kW และ 15% Excess air [33] แล้วนำมาทำการประมวลผลภาพตามอัลกอริทึมที่วางไว้ จากนั้นจึงวิเคราะห์ปัญหาและพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อแก้ไขปัญหาคาดการณ์ตรวจจับเสถียรภาพของเปลวไฟ



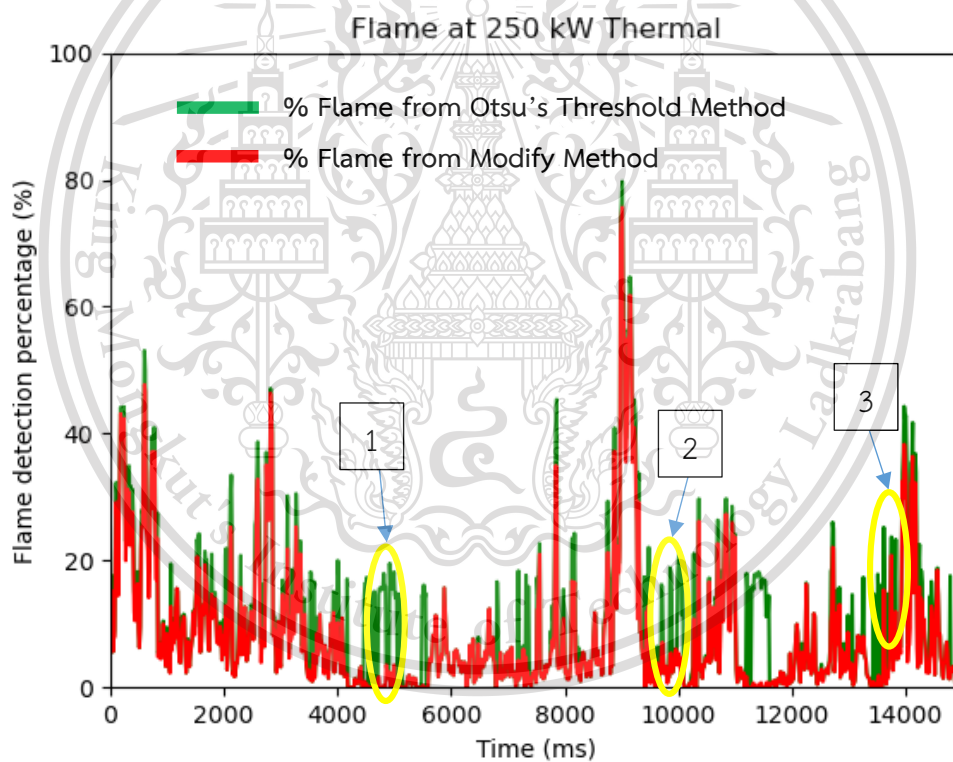
เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับบทเรียน การศึกษา การอนุญาต หรือใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งนี้ ผู้จัดทำเอกสาร และต้นฉบับของเอกสารนี้ ไม่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ข้างต้นเป็นผลการทดลองตามอัลกอริทึมในหัวข้อ 4.2.3 โดยนำภาพสี RGB ไปแปลงโดยการเขียนโปรแกรมภาษาไพธอนผ่านไลบรารี OpenCV ให้เป็นภาพสีเทาแล้วแปลงเป็นภาพขาว-ดำตามขั้นตอน แล้วพบว่าการตรวจจับผนังเตาขึ้นมาเป็นเปลวไฟ อันเนื่องมาจากระดับความเข้มของสีระหว่างผนังเตาและเปลวไฟใกล้เคียงกันจนทำให้มีการตรวจจับผนังเตาขึ้นมาเป็นเปลวไฟด้วย ซึ่งจะส่งผลให้การตรวจจับเสถียรภาพของเปลวไฟคลาดเคลื่อนได้ จึงต้องทำการลดความสว่างของผนังเตาลงตามอัลกอริทึมในหัวข้อ 4.2.3.2 คือนำภาพ RGB มาการเขียนโปรแกรมภาษาไพธอน ทำให้ได้มาซึ่งภาพสี RGB ใหม่ที่มีการลดค่าความสว่างของผนังเตาลงแล้ว จึงนำไปแปลงเป็นภาพสีเทาและภาพขาว-ดำตามลำดับ จนได้มาซึ่งภาพขาว-ดำที่มีการลบผนังเตาออกแล้วเหลือเพียงแค่เปลวไฟในภาพแล้วนำผลที่ได้ทั้งหมดไปสร้างกราฟเพื่อวิเคราะห์เสถียรภาพของเปลวไฟ

- วิเคราะห์เสถียรภาพ ของเปลวไฟจากเชื้อเพลิงไม้ยางพาราอัดเม็ด

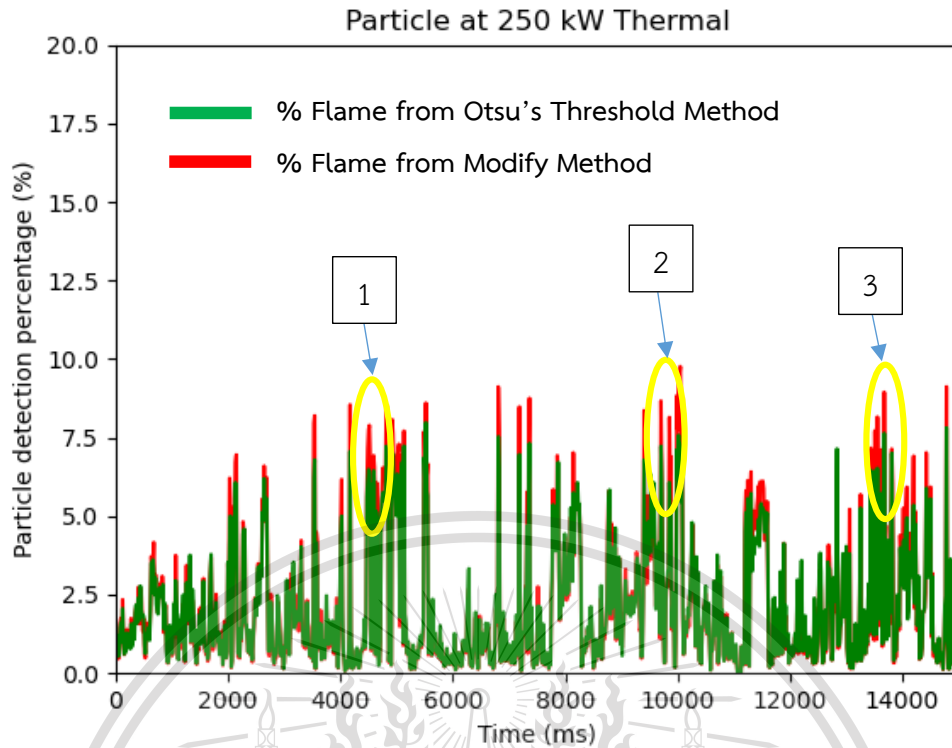


รูปที่ 5.1 กราฟเปรียบเทียบ Flame at 250 kW Thermal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

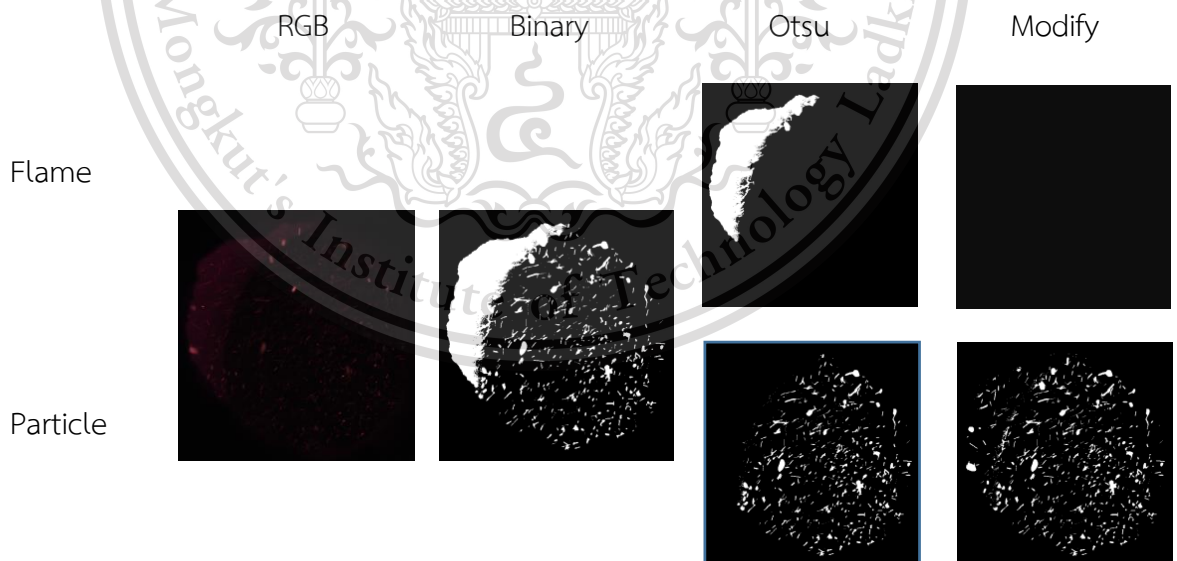
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 5.2 กราฟเปรียบเทียบ Particle at 250 kW Thermal

1. ที่เวลา 4500 ms

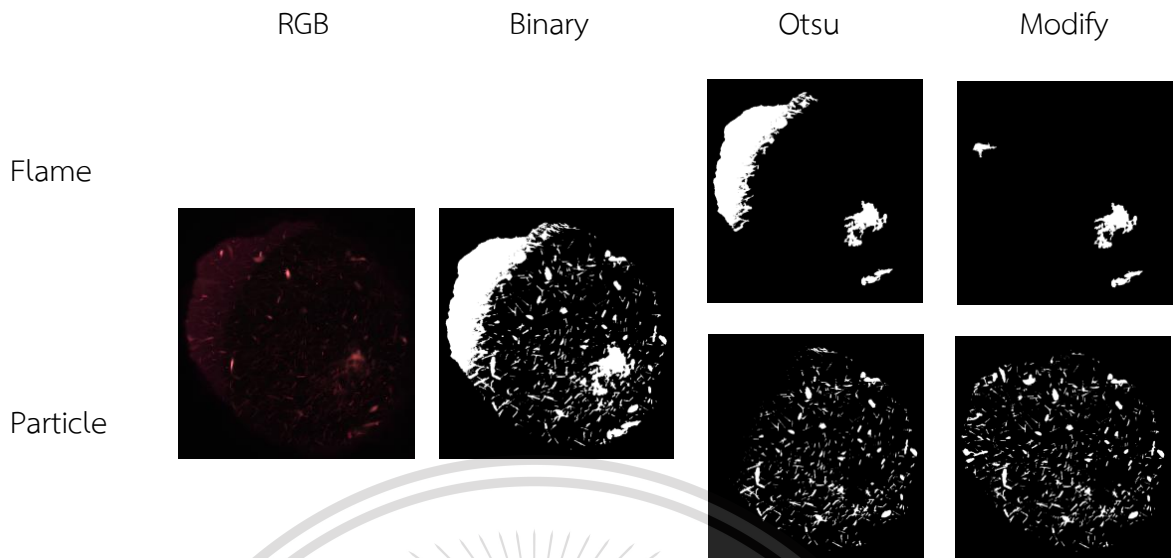


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

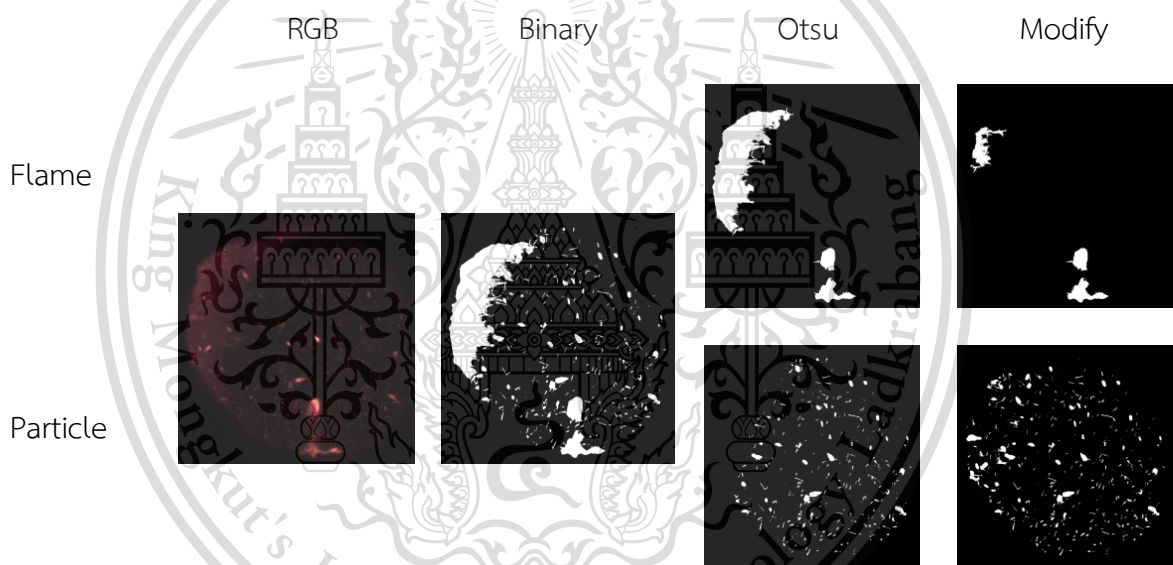
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. ที่เวลา 9990 ms



3. ที่เวลา 13065 ms



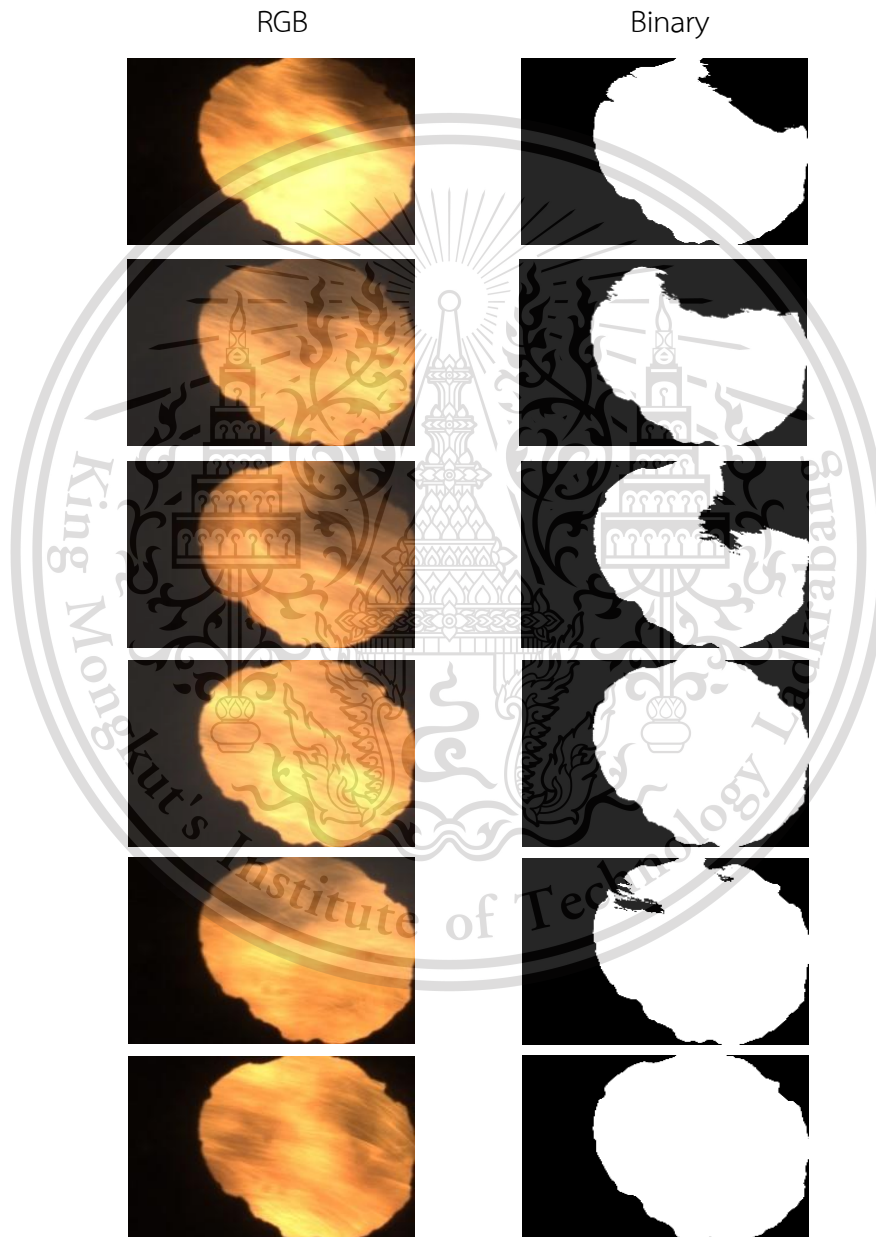
จากกราฟรูปที่ 5.1 และรูปที่ 5.2 ทางผู้จัดทำได้ทำการเลือกช่วงของเปลวไฟและอนุภาคมา 3 ช่วง โดยนำมาขยายความเพื่อความชัดเจนในการเปรียบเทียบผลการพัฒนาอัลกอริทึมว่าร้อยละของเปลวไฟที่พบในกราฟนั้นสัมพันธ์กับรูปที่ได้หรือไม่ พบว่ามีความสัมพันธ์กันทั้งในส่วนของเปลวไฟและอนุภาค และจากกราฟรูปที่ 5.1 จะเห็นได้ว่าเมื่อลบผนังเตาออกแล้ว จะมีปริมาณเปลวไฟน้อยลงแตกต่างจากช่วงก่อนการลบผนังเตา เพราะการที่ตรวจจับผนังเตาว่าเป็นเปลวไฟนั้นจะทำให้การวิเคราะห์เสถียรภาพการเผาไหม้คลาดเคลื่อนได้ เช่นกันกับกราฟรูปที่ 5.2 เมื่อทำการลบผนังเตาออกแล้วจะทำให้มีปริมาณร้อยละของอนุภาคที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีอนุภาคบางส่วนซ่อนอยู่ภายใต้ผนังเตาไม่ว่ากรณีใดก็ตาม เมื่อลบผนังเตาออกแล้วจะมีความชัดขึ้น ทำให้การวิเคราะห์การเผาไหม้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้นใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.2 ผลการทดลองจับภาพหาความเสถียรของเปลวไฟจากเชื้อเพลิงถ่านหิน

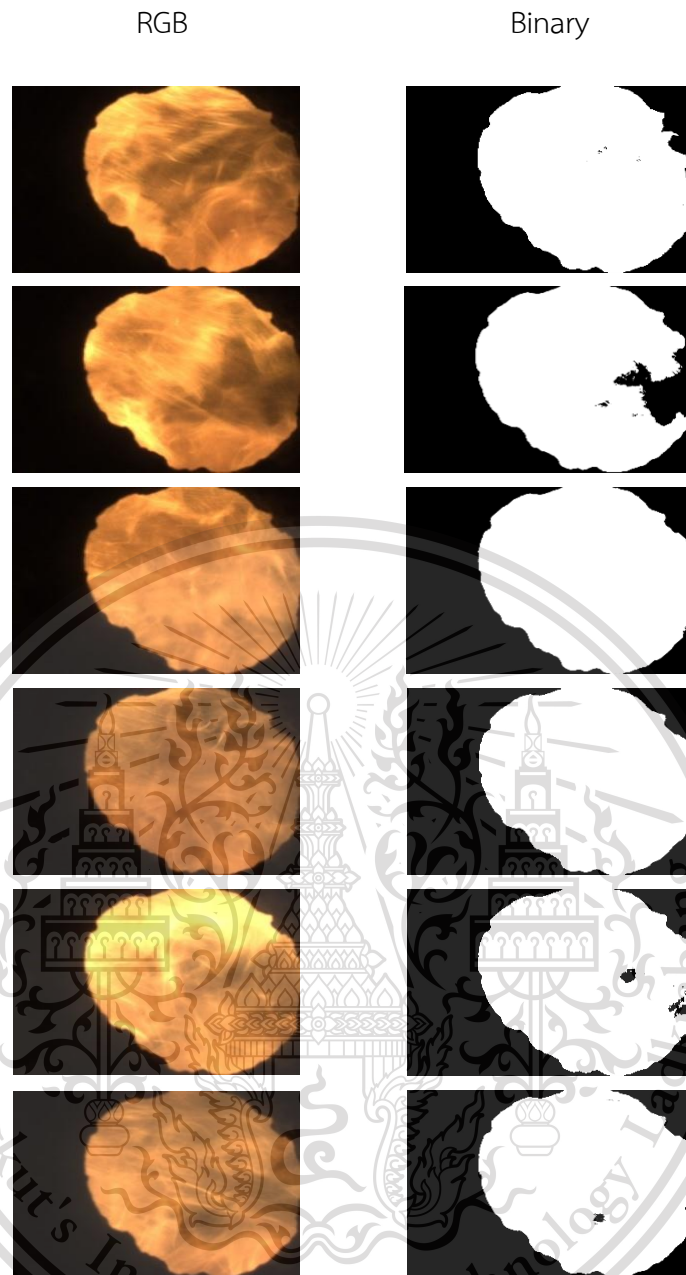
ผลการทดลองที่ได้มาจากการจับภาพเปลวไฟการเผาไหม้ถ่านหินที่อัตราการเผาไหม้ 200 kW และ 300W ตามเงื่อนไขการเผาไหม้ที่ระบุไว้ในหัวข้อ 4.2.1 จากนั้นนำมาทำการประมวลผลภาพตามอัลกอริทึมที่วางไว้ แล้ววิเคราะห์ปัญหาและพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อแก้ไขปัญหาการตรวจจับเสถียรภาพของเปลวไฟ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 5.3 ภาพเปลวไฟจากการเผาไหม้ที่อัตราการเผาไหม้ 200 kW

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 5.4 ภาพเปลวไฟจากการเผาไหม้ที่อัตราการเผาไหม้ 300 kW

จากข้างต้นทั้ง 2 กรณี เป็นภาพเปลวไฟที่บันทึกผลตามเงื่อนไขการทดลองในหัวข้อที่ 4.2.1 แล้วนำเข้าประมวลผลภาพตามหัวข้อที่ 4.2.3 เพื่อให้ได้มาซึ่งภาพขาว-ดำที่แสดงถึงพื้นที่เปลวไฟและนำร้อยละของเปลวไฟเป็นสร้างกราฟเพื่อวิเคราะห์เสถียรภาพในการเผาไหม้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- วิเคราะห์ความเสถียรภาพของเปลวไฟจากเชื้อเพลิงถ่านหินจากกราฟ

จากหัวข้อ 5.1 วิเคราะห์ความเสถียรภาพของเปลวไฟจากเชื้อเพลิงไม้ยางพาราอัดเม็ดจากกราฟที่มีการวิเคราะห์ที่ได้ภาพที่มีเปลวไฟ (flame) และอนุภาค (particle) แต่ว่าหัวข้อ 5.2 จะมีกราฟที่มีแต่เปลวไฟ เนื่องจากเมื่อนำมาประมวลผลแล้วพบว่าส่วนของอนุภาคมีปริมาณน้อยมาก เนื่องจากถ่านหินมีความร้อนสูง ประกอบกับอนุภาคเชื้อเพลิงมีขนาดเล็กมากประมาณ 50 นาโนเมตร ส่งผลให้ในกรณีนี้จึงนำเพียงแค่เปลวไฟมาวิเคราะห์เสถียรภาพการเผาไหม้เท่านั้น ซึ่งสามารถดูความแตกต่างได้ที่รูปที่ 5.5 และ 5.6



รูปที่ 5.5 ภาพ Binary ที่มีแต่ flame

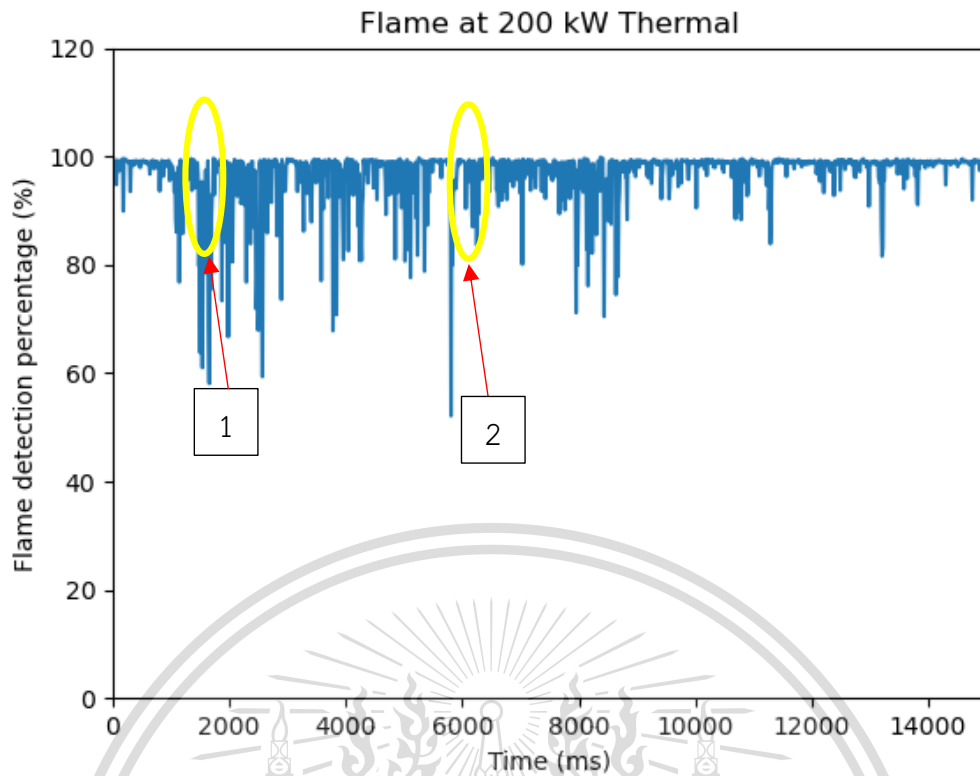


รูปที่ 5.6 ภาพ Binary ที่มีแต่ particle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปะลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

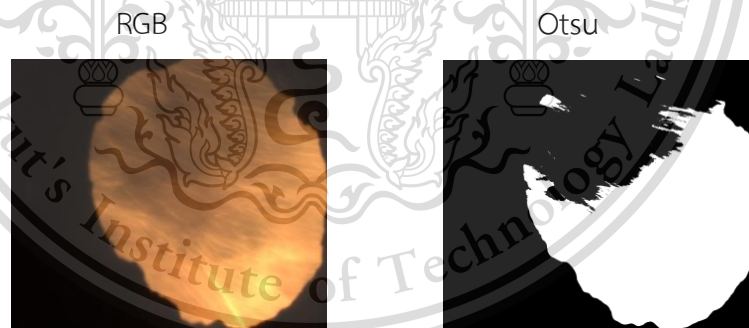
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

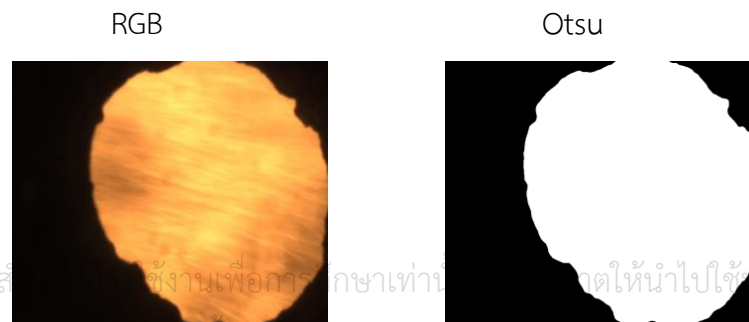


รูปที่ 5.7 กราฟ Flame at 200 kW Thermal

1. % Flame ที่ 1500 ms 200 kW



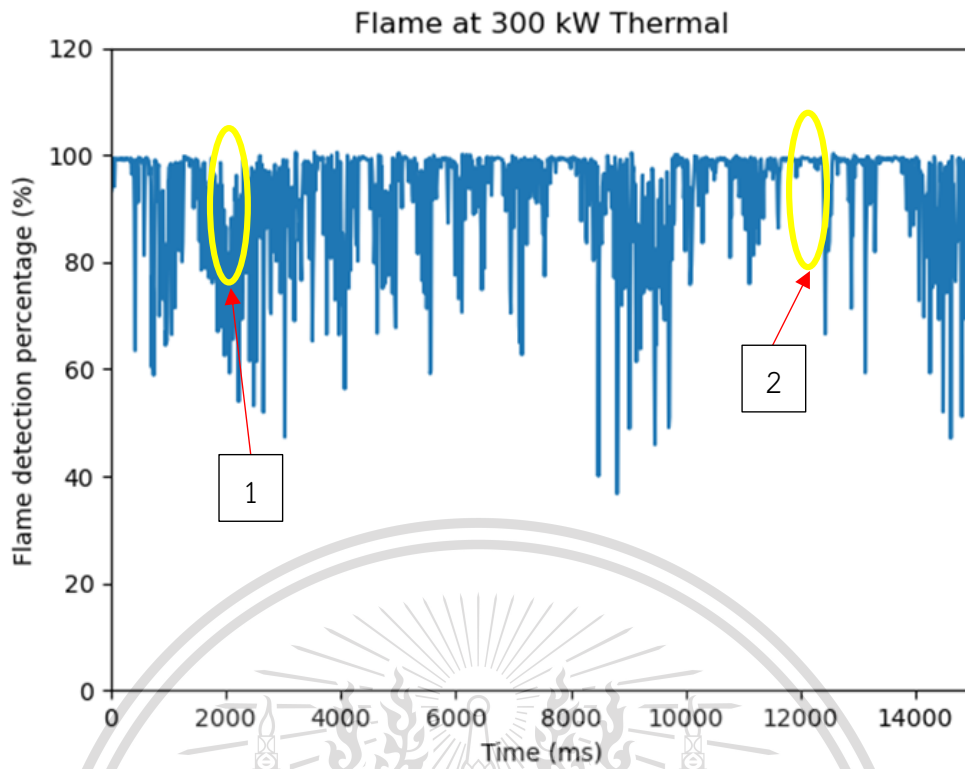
2. % Flame ที่ 6000 ms 200 kW



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่ควรนำออกไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

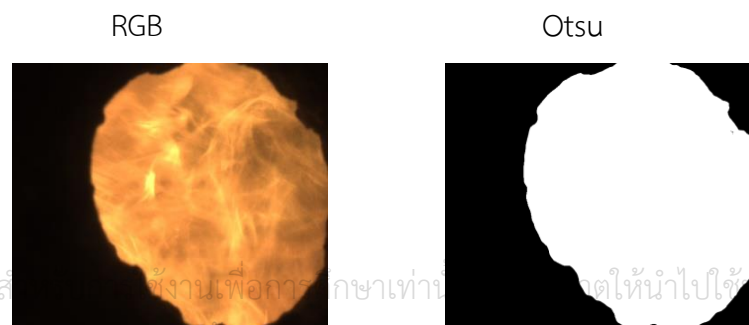


รูปที่ 5.8 กราฟ Flame at 300 kW Thermal

1. % Flame ที่ 1980 ms 300 kW



2. % Flame ที่ 11988 ms 300 kW

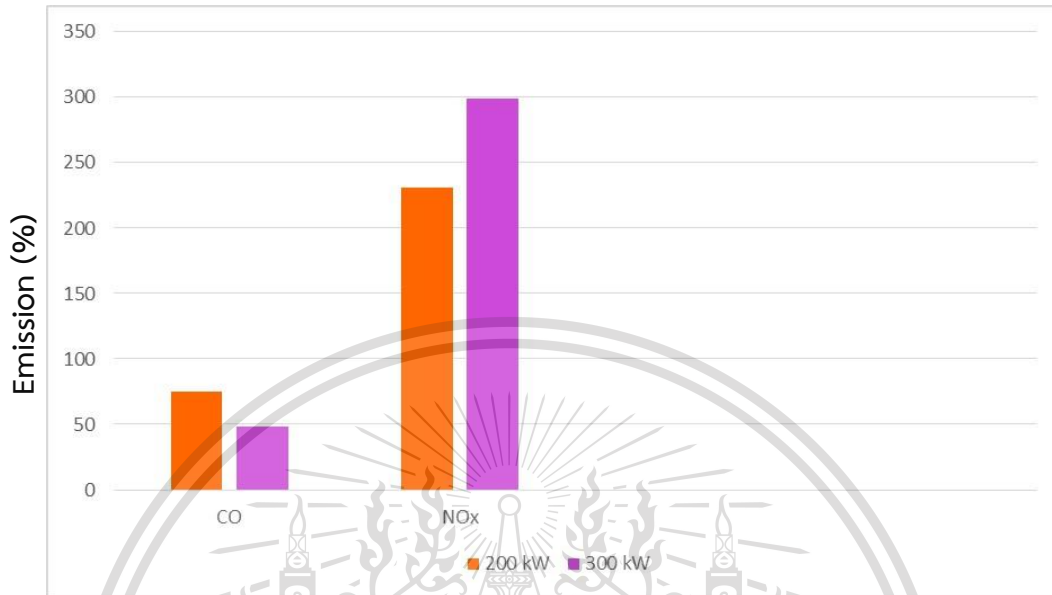


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากกราฟรูปที่ 5.7 และ รูปที่ 5.8 พบว่าอัตราการเผาไหม้ที่ 200 kW เสถียรกว่าอัตราการเผาไหม้ที่ 300 kW ซึ่งขัดกับทางทฤษฎีการเผาไหม้



รูปที่ 5.9 กราฟองค์ประกอบในแก๊สไอเสียหลังการเผาไหม้

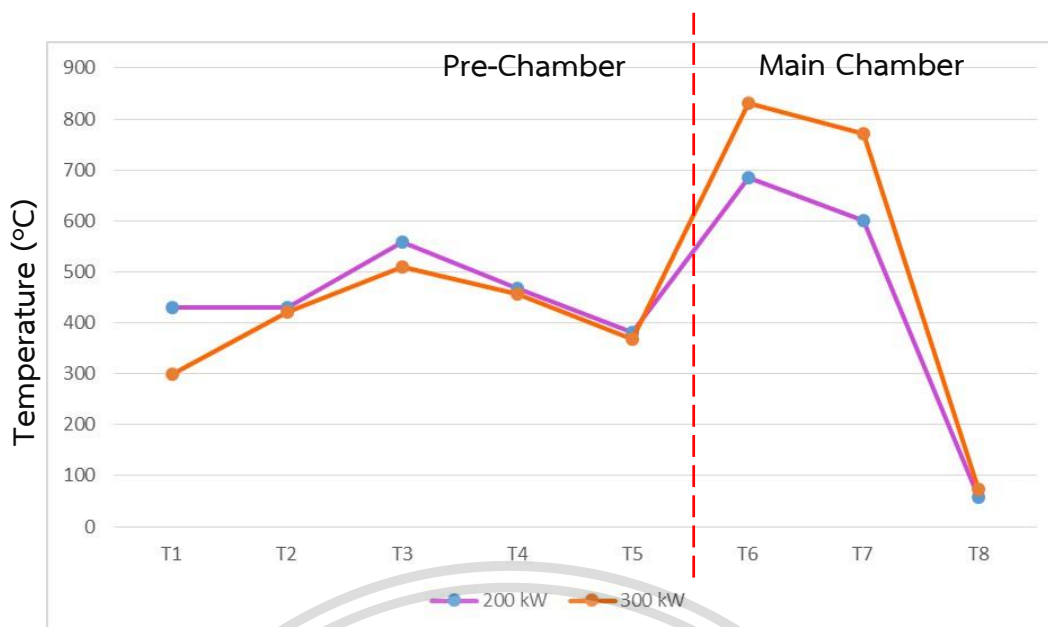
ปริมาณของก๊าซไอเสีย co แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการเผาไหม้ ถ้า co มีปริมาณมากนั้นหมายความว่าเกิดการเผาไหม้ที่ไม่ดี แต่ในทางกลับกันถ้ามีปริมาณ co น้อยแสดงว่ามีการเผาไหม้ที่ดี

ดังนั้น จากกราฟจึงสรุปได้ว่าอัตราการเผาไหม้ ที่ 300 kW เผาไหม้ได้ดีกว่าหรือมีความเสถียรกว่าอัตราการเผาไหม้ 200 kW เนื่องจากมีปริมาณ co ที่น้อยกว่า ปริมาณของก๊าซไอเสีย NOx บ่งบอกถึงความรุนแรงในการเผาไหม้ ถ้าปริมาณของ NOx เยอะแสดงว่า อุณหภูมิของก๊าซไอเสียมีค่าสูง ยิ่งถ้าอุณหภูมิสูงการเผาไหม้ก็จะยิ่งดีตามไปด้วย จากกราฟจึงสรุปได้ว่าอัตราการเผาไหม้ที่ 300 kW เผาไหม้ดีกว่า หรือเสถียรกว่าอัตราการเผาไหม้ที่ 200 kW ซึ่งไม่สอดคล้องกับกราฟในรูปที่ 5.7 กราฟ Flame at 200 kW Thermal และกราฟในรูปที่ 5.8 กราฟ Flame at 300 kW Thermal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 5.10 กราฟการกระจายตัวของอุณหภูมิในห้องเผาไหม้

จากกราฟจะเห็นว่าที่ห้องเผาไหม้ช่วย (pre-chamber) อัตราการเผาไหม้ที่ 300kW จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอัตราการเผาไหม้ที่ 200 kW แต่ในห้องเผาไหม้หลัก (main chamber) อัตราการเผาไหม้ที่ 300 kW นั้นจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอัตราการเผาไหม้ที่ 200 kW โดยมีสาเหตุมาจากค่าอัตราการเผาไหม้ที่ 300 kW มีค่าสูงกว่าอัตราการเผาไหม้ที่ 200kW ดังนั้น ที่ 300 kW จะต้องการอากาศในการเผาไหม้ที่เยอะกว่า ทำให้เกิดการพาความร้อนที่มากกว่า เนื่องจากปริมาณอากาศมากขึ้นแต่พื้นที่ในห้องเผาไหม้มีขนาดเท่าเดิม ส่งผลให้ที่ 300 kW มีความเร็วสูงขึ้น ความร้อนจึงถูกพัดพาไปที่ปลายของห้องเผาไหม้หลัก มากกว่าที่จะอยู่ในห้องเผาไหม้ช่วย ทำให้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้หลักที่ 300 kW มีค่าสูงกว่าที่ 200kW และทำให้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ช่วย ที่อัตราการเผาไหม้ 300 kW ต่ำกว่าอัตราการเผาไหม้ที่ 200 kW จากการทดลอง ได้ทำการติดตั้งกล้องที่ห้องเผาไหม้ช่วย เมื่อนำภาพที่ได้ไปสร้างกราฟเพื่อตรวจสอบความเสถียรของเปลวไฟ จะเห็นได้ว่าที่ 200 kW มีความเสถียรมากกว่า 300 kW เนื่องจากมีปริมาณความร้อนและอุณหภูมิที่สูงกว่า ซึ่งกราฟที่ได้นั้นมีความสอดคล้องกับสิ่งที่อธิบายไปข้างต้น

สำหรับแนวทางการแก้ไขให้การจับภาพเปลวไฟให้ตรงกับเงื่อนไขการเผาไหม้นั้น ทางผู้จัดทำมีความคิดว่า ควรต้องมีการปรับเปลี่ยนการติดตั้งกล้องในการจับภาพ จากจุดเดิมคือหน้าห้องเผาไหม้ช่วย ไปติดตั้งที่บริเวณห้องเผาไหม้หลัก เพื่อให้ภาพเปลวไฟที่จับได้นั้นสัมพันธ์กับทฤษฎีการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เผาไหม้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

จากบทที่ 5 เราได้ทำการนำภาพเปลวไฟที่ได้จากการเผาไหม้ไม่อย่างพาราออดีตที่อัตราการเผาไหม้ 250 kW และ 15% Excess Air [32] มาประมวลผลภาพตามอัลกอริทึมที่วางไว้ โดยเริ่มจากการนำภาพสี RGB มาแปลงเป็นภาพสีเทา และภาพขาวดำตามลำดับโดยวิธี Otsu's threshold พบว่าในขณะที่ไฟติดภาพขาวดำนั้นมีความสอดคล้องกับภาพสี RGB แต่ในขณะที่ไฟดับ ภาพขาวดำจากวิธีการนี้ไม่สอดคล้องกับภาพสี RGB คือมีการตรวจจับผนังเตาขึ้นมาเป็นเปลวไฟ ทางคณะผู้จัดทำจึงได้พัฒนาอัลกอริทึมขึ้นมาใหม่ ซึ่งเรียกวิธีการนี้ว่า Modify Method โดยเริ่มจากการลดความสว่างของผนังเตา แล้วทำการแปลงภาพสี RGB เป็นภาพขาวดำโดยวิธี Fixed threshold ซึ่งใช้ค่าเทรชโฮลเดียวกันภาพขาวดำก่อนการพัฒนาอัลกอริทึม โดยได้ผลลัพธ์คือ ในขณะที่เปลวไฟดับนั้นไม่มีการตรวจจับผนังเตาขึ้นมาเป็นเปลวไฟแล้ว และผลลัพธ์ของอนุภาคที่ได้ก็มีความสอดคล้องกับภาพสี RGB จากนั้นจึงนำภาพขาวดำที่ได้จากวิธีการนี้ไปสร้างเป็นกราฟเพื่อดูปริมาณร้อยละของเปลวไฟโดยปริมาณเปลวไฟและอนุภาคต่อพื้นที่ทั้งหมดในการตรวจจับเปลวไฟ (ROI) มาคิดเป็นร้อยละ พบว่าเมื่อใช้วิธี Otsu's threshold เส้นของกราฟมีค่ามากกว่าเส้นกราฟของ Modify Method เนื่องจากวิธี Modify ได้ทำการลบผนังเตาที่เคยตรวจจับขึ้นมาเป็นเปลวไฟออกไปจึงทำให้มีค่าน้อยกว่า แล้วนำกราฟมาขยายความด้วยรูปภาพต่อเพื่อเปรียบเทียบว่ากราฟที่ได้นั้นสัมพันธ์ภาพขาวดำที่ได้นั้นมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ เมื่อเปรียบเทียบจึงพบว่า กราฟและภาพขาวดำที่ได้จากวิธีต่าง ๆ นั้นมีความตรงกัน

จากนั้นทางคณะผู้จัดทำก็ได้ทำการทดลองต่อกับภาพเปลวไฟที่ได้จากการเผาไหม้ถ่านหินที่อัตราการเผาไหม้ 200 kW และ 300 kW โดยให้วิธี Otsu's Threshold ในการประมวลผลภาพเนื่องจากภาพเปลวไฟที่ได้จากบันทึกจากการเผาไหม้ในครั้งนี้ค่อนข้างที่จะมีเสถียรภาพ คือเปลวไฟมีการลุกไหม้ตลอดเวลาไม่มีช่วงที่ไฟดับแบบไม่อย่างพาราออดีต เมื่อได้ภาพขาวดำจากการประมวลผลภาพแล้วจึงนำไปสร้างเป็นกราฟเพื่อดูปริมาณร้อยละของเปลวไฟโดยปริมาณเปลวไฟต่อพื้นที่ทั้งหมดในการตรวจจับเปลวไฟ (ROI) มาคิดเป็นร้อยละและนำไปเทียบกับกราฟองค์ประกอบในแก๊สไอเสียหลังการเผาไหม้และกราฟการกระจายตัวของอนุภาคในห้องเผาไหม้พบว่า กราฟเปลวไฟที่ได้นั้นไม่สัมพันธ์กับกราฟดังกล่าว เมื่อวิเคราะห์แล้วจึงได้ทราบสาเหตุว่าที่กราฟไม่สัมพันธ์กันนั้นเกิดจากการทดลองนี้ได้ติดตั้งกล้องในการตรวจจับเปลวไฟไว้ที่บริเวณ Pre-chamber จึงทำให้เก็บผลของภาพเปลวไฟที่อัตราการเผาไหม้ 200 kW ได้ดีกว่าที่ 300 kW จึงสรุปได้ว่าควรมีกล้องบันทึกภาพไปติดตั้งที่บริเวณ Main Chamber แทนตำแหน่งเดิม เพื่อให้ภาพเปลวไฟที่บันทึกได้มีความสัมพันธ์กับกราฟที่ใช้

This report is for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง

- [1] A.Gonzalez-Cencerrado et al. “Coal flame characterization by means of digital image processing in a semi-industrial scale PF swirl burner.” **Applied Energy** **94**. June 2012. Pages 375-384
- [2] Andrzej Smolarz et al. “Advanced diagnostics of industrial pulverized coal burner using optical methods and artificial intelligence.” **Experimental Thermal and Fluid Science** **43**. November 2012. Pages 82-89
- [3] J. Matthes et al. “A new camera-based method for measuring the flame stability of non-oscillating and oscillating combustions.” **Experimental Thermal and Fluid Science** **105**. July 2019. Pages 27-34
- [4] J. Matthes et al. “Characterisation of an oxy-coal flame through digital imaging.” **Combustion and Flame** **157**. June 2012. Pages 1132-1139
- [5] ก้องกมลพัฒน์ จิราวัชรอังกูร และธีรชา บุซบพงศ์พันธ์. “การประมวลผลภาพเพื่อการตรวจนับไก่ในโรงเลี้ยงปิด” ปรินญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2560.
- [6] Navapat Jesadapatrakul. (2562). **Image Processing**. [online]. Available: <https://medium.com/tni-university/image-processing-981c65c26289>
- [7] จตุรงค์ เงินปลับปลา (2557). **การประมวลผลภาพกับการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน**. [online]. Available: <http://www.mut.ac.th/research-detail-30?fbclid=IwAR0Xo7JUG4qHQlrJ0op>
- [8] รศ.ดร. สมเกียรติ อุดมหารธรรษากุล. **การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น Fundamentals of Digital Image Processing**. กรุงเทพฯ : ท้อป, 2554
- [9] ศูนย์รังสีวินิจฉัยก้าวหน้า คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล. (ม.ป.ป.). **ความรู้ MRI เบื้องต้น**. [online]. Available: <https://med.mahidol.ac.th/aimc/th/content/09122017-1414-th?fbclid=IwAR3>
- [10] **Image Processing**. (ม.ป.ป.). [online]. Available: <https://www.quickerv.co.th/search/image%20processing.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- [11] อรวรรณ นันทะ และคณะ. องค์ประกอบของมัลติมีเดีย (ม.ป.ป.). [online]. Available: <https://sites.google.com/site/educationtechnology98/home/xngkh-prakxb-khxng-maltimideiy>
- [12] สุกัญญา ประดิษฐ์. ภาพแบบเวกเตอร์ (Vector). (ม.ป.ป.). [online]. Available: <https://sites.google.com/site/sukanyapradit/phaph-baeb-wekhtexr-vector?fbclid>
- [13] Bitmap คืออะไร. (2560). [online]. Available: <https://www.mindphp.com//คู่มือ/73-คืออะไร/2171-bitmap-คืออะไร.html>
- [14] ชัยพร ธรรมโยธิน. Bitmap คืออะไร. (2555). [online]. Available: <https://sites.google.com/site/chai31a/bitmap-khux-xari>
- [15] Pixel คืออะไร หมายความว่า... ใช้ทำอะไร. (ม.ป.ป.). [online]. Available: <https://sites.google.com/site/cctvandsecuritysystem/pixel>
- [16] พิกเซล (Pixel) คืออะไร เปรียบเทียบกล้อง 2,3,5 ล้านพิกเซล. (2562).[online]. Available: <https://www.karethailand.com/pixel-images>
- [17] ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการประมวลผลภาพดิจิทัล. (2557). [online]. Available: <https://nextsoftwares.wordpress.com>
- [18] สุรชาติ เพชรแก้ว และเชาวน์ ยงเฉลิมชัย. บทที่ 8 การปรับปรุงภาพ. (2554).[online]. Available:<http://natres.psu.ac.th/Department/EarthScience/remote1/chapter8.pdf>
- [19] Sai. Intensity-level Slicing. (2562). [online]. Available: <https://theailearner.com/2019/01/29/intensity-level-slicing/>
- [20] การแปลงภาพสี RGB ให้เป็นภาพระดับเทา (RGB to Gray). (ม.ป.ป.). [online]. Available: <http://www.research-system.siam.edu/images/thesistee/>
- [21] ทำความรู้จักกับ Image Segmentation หรือการแบ่งแยกภาพออกเป็นส่วนย่อยๆ. (2563). [online]. Available: <https://www.skconan.com/image-segmentation-intro/>
- [22] การแยกบริเวณรูปภาพ (Image Segmentation). (2554). [online]. Available: <https://www.bloggang.com/mainblog.php?id=hin-Kmitnb>
- [23] ศุภกิตติ โสภาสพ. “การพัฒนาเทคนิคการตรวจจับพื้นที่ใบหน้าและวัตถุบริเวณดวงตา โดยใช้การประมวลผลภาพ” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2560. หน้า 24.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่ผู้จัดทำขึ้นหรือมีหน้าที่ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2560. หน้า 24.

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- [24] วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก บางนา กรุงเทพฯ . (ม.ป.ป.). การจับส่วนแบ่งของภาพ. [online]. Available: http://www.theerapone.com/sbc/courses/openCV/doc /05.Segment _1.2.pdf
- [25] Nuttakan Chuntra. **OpenCV คืออะไร?**. (2561). [online]. Available: <https://medium.com/@nut.ch40/opencv-คืออะไร-8771e2a4c414>
- [26] Big Camera. **อย่าหลงประเด็น!! ความละเอียดสูงๆ ไม่ใช่คำตอบว่ากล้องดี.** (2562). [online]. Available: <https://www.bigcamera.co.th/article/megapixeltrap.html>
- [27] YOCHUWA SAMAROM. **เซ็นเซอร์กล้องกับทุกเรื่องที่คุณควรรู้ในภาษามือใหม่ แตกต่างกันยังไง มีผลอะไรกับภาพ.** (2562). [online]. Available: <https://www.photoschoolthailand.com/things-to-know-about-camera-sensor/>
- [28] Narudon Wannaphanom. **ว่าด้วยเรื่อง ระยะโฟกัสของเลนส์(หรือทางยาวโฟกัสของเลนส์).** (2562). [online]. Available: <https://medium.com/@shinazaru/ว่าด้วยเรื่อง-ระยะโฟกัสของเลนส์-หรือทางยาวโฟกัสของเลนส์-fabfdc382>
- [29] PEERA WONGPANYA. (ม.ป.ป.). **5 เรื่องน่ารู้ของวิดีโอเฟรมเรท (FPS).** [online]. Available: <https://www.fotoinfo.online/5-เรื่องวิดีโอเฟรมเรท/>
- [30] คณิศร ทรงแสงธรรม, ณัฐพล ชัยชนะ และพัชชา ฤกษ์ศักดิ์ศรี. **“การศึกษาผลกระทบของเชื้อเพลิงผสมสำหรับหม้อไอน้ำในภาคอุตสาหกรรม แบบเชื้อเพลิงผงสำหรับหม้อไอน้ำในภาคอุตสาหกรรม”** ปรินูญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2563.
- [31] บริษัท คอมคิวบ์ จำกัด. (ม.ป.ป.). **เทอร์โมคัปเปิล.** [online]. Available: <https://www.voake.com/c/thermocouple/>
- [32] บริษัท ทีเอ็น คาลิเบรชั่น เซ็นเตอร์ จำกัด. (ม.ป.ป.). **การแบ่งประเภท และ การเลือกใช้ Thermocouple.** [online]. Available: <https://mall.factomart.com/type-of-thermocouple/>
- [33] Ponepen Laphirattanakul, Wiput Puisamlee, and Jarruwat Charoensuk. **“Development on Flame Stability Diagnosis for Pulverized Biomass Burner via Image Processing”** Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาคผนวก ก.

โค้ดที่ใช้ในการเขียนอัลกอริทึมต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ก. การรับภาพ แสดงผลภาพ และบันทึกภาพ

```
import cv2
for number in range (1,1001):
    img = cv2.imread('D:\python\ROI_TERM1\pic ('+str(number)+').Bmp')
    cv2.imshow("img",img)
    cv2.waitKey(0)
    cv2.destroyAllWindows()
    cv2.imwrite("D:\python\ROI_BINARY1\pic(" + str(number) + ").Bmp",img)
number += 1
```

ข. การแปลงภาพสีเป็นขาวดำด้วยวิธี Otsu's threshold , Fixed threshold

```
import cv2
for number in range (1,1001):
    img = cv2.imread('D:\python\ROI_TERM1\pic ('+str(number)+').Bmp')
    img_gray = cv2.cvtColor(img,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    ret, im = cv2.threshold(img_gray,0,255,cv2.THRESH_OTSU )
    ret, im2 = cv2.threshold(img_gray,30,255,cv2.THRESH_BINARY)
number += 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

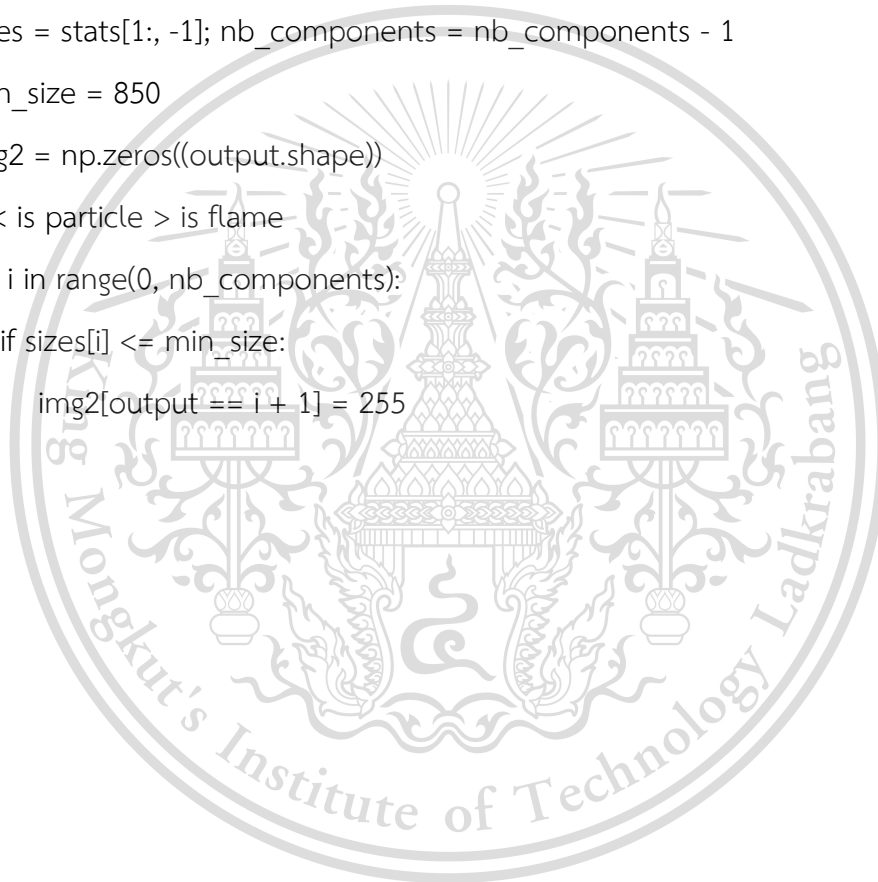
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ค. การแยก Particle และ Flame ออกจากกัน

```

import cv2
import numpy as np
for no in range (1,2):
    img = cv2.imread('D:\python\Term2\Otsu\Otsu_300kw_case2\Otsu_300kw-
case2('+str(no)+').Bmp',0)
    nb_components, output, stats, centroids =
cv2.connectedComponentsWithStats(img, connectivity=8)
    sizes = stats[1:, -1]; nb_components = nb_components - 1
    min_size = 850
    img2 = np.zeros((output.shape))
    # < is particle > is flame
    for i in range(0, nb_components):
        if sizes[i] <= min_size:
            img2[output == i + 1] = 255

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ง. การลดค่าความสว่างของผนังเตา

```

import cv2
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from PIL import Image
from numpy import asarray
from numpy import save
from PIL import Image
for number in range (1,1):
    img='D:\\python\\flametest\\wall(760).Bmp'
    pix_wall=im.load()
    RGB760 = 'D:\\python\\flametest\\pic (760).Bmp'
    pix760=im760.load()
    total = np.array([0,0,0])
    #number = 235
    input1 = 'D:\\python\\Rawflame\\pic ('+str(number)+').Bmp'
    input_image = Image.open(input1).convert('RGB')
    input_pixel = input_image.load()
    output_image = Image.new("RGB", input_image.size)
    draw = ImageDraw.Draw(output_image)
    w=im.size[0]
    h=im.size[1]
    for j in range(h): #วนจที่หลัง
        for i in range(w): #วนก่อน
            a = (pix_wall[i,j])
            b = (i,j),(pix_wall[i,j])
            if pix_wall[i,j] == (255,255,255):

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ e = pix760[i,j] รับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งนี้ total += e ห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

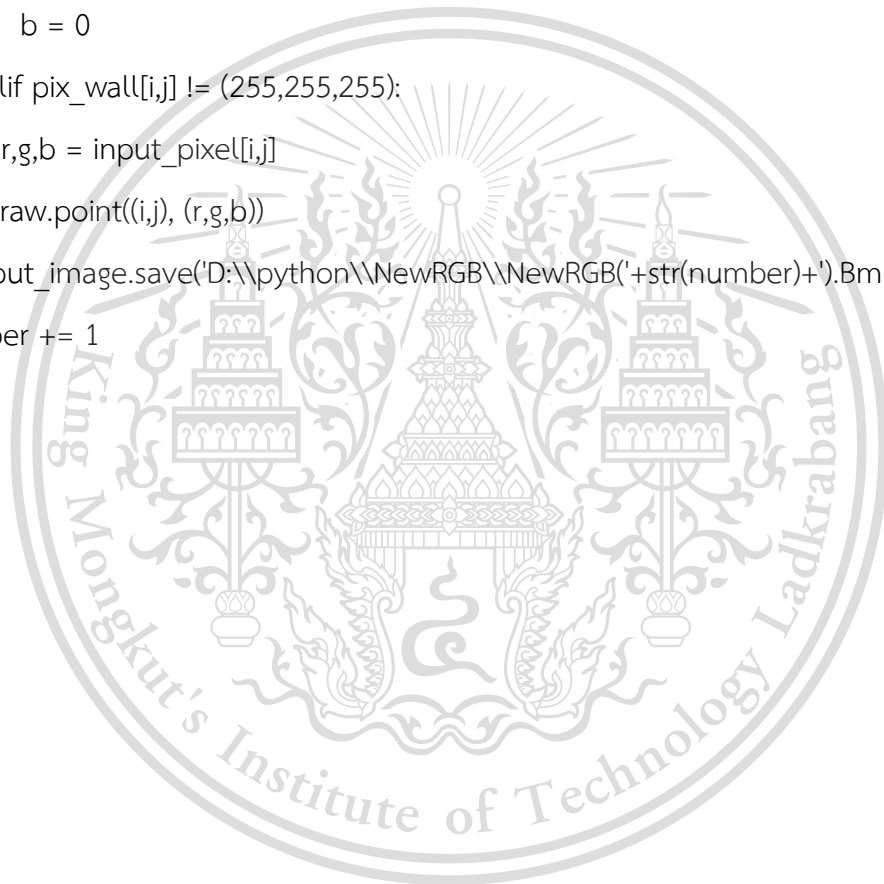
This material is for personal use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

x = input_pixel[i,j]
x -= delete
r,g,b = x
if r < 0:
    r = 0
if g < 0 :
    g = 0
if b < 0 :
    b = 0
elif pix_wall[i,j] != (255,255,255):
    r,g,b = input_pixel[i,j]
    draw.point((i,j), (r,g,b))
output_image.save('D:\\python\\NewRGB\\NewRGB('+str(number)+').Bmp')
number += 1

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จ. การหาพื้นที่เปลวไฟทั้งหมดที่พิจารณา (ROI)

```

import cv2

import numpy as np

from PIL import Image

from numpy import asarray

from PIL import Image

img = np.zeros([1440,1080,3],dtype = np.uint8)

for number in range (1,1251):

    input1 = 'D:\\python\\Term2\\Otsu\\Otsu_200kw_case3\\Otsu_200kw-
case3'+str(number)+'.Bmp'

    input_image1 = Image.open(input1).convert('RGB')

    pixel1 = input_image1.load()

    w=input_image1.size[0]

    h=input_image1.size[1]

    for j in range(h):

        for i in range(w):

            if img[i,j][0] + pixel1[i,j][0] > 0:

                img[i,j] = np.array([255,255,255])

            else :

                img[i,j] = np.array([0,0,0])

    number += 1

ROI = np.sum( img == 255)

print(ROI)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ฉ. การสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของเปลวไฟกับเวลาโดยมี

ข้อมูล

2 ชุด

```

import cv2
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import PIL

from numpy import asarray
xList,percentList = [],[]
xnew,percentnew = [],[]
for number in range (1,1001):
    inputnew =
cv2.imread('D:\python\particle_oldthresh\particle_oldthresh('+str(number)+').Bmp')
    input1 = cv2.imread('D:\python\particle\particle('+str(number)+').Bmp')
    white = np.sum( input1 == 255)
    white2 = np.sum( inputnew == 255)
    ROI = 822393
    percent = white/ROI*100
    percent2 = white2/ROI*100
    x = number*15
    xnew.append(x)
    percentnew.append(percent2)
    xList.append(x)
    percentList.append(percent)
    number += 1
plt.plot(xnew,percentnew, color = 'red')
plt.plot(xList,percentList , color = 'green')

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
plt.xlabel('Time (ms)')  
plt.ylabel('Particle detection percentage (%)')  
plt.axis([0, 15000, 0, 20 ])  
plt.title('Particle at 250 kW Thermal')  
plt.show()
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.