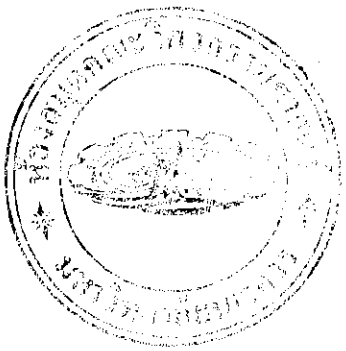
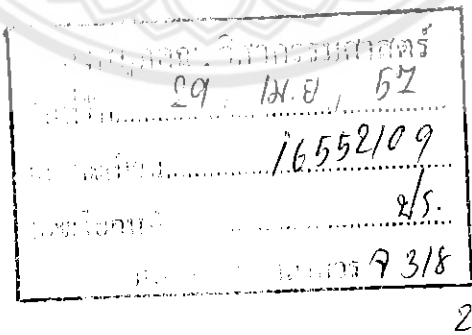


การตรวจจับอัคคีภัยภายในอาคาร

FIRE DETECTION IN THE BUILDING

นางสาวจารีรัตน์ สีบำรุงสาสน์ รหัสนิสิต 53363386

นายศุภชัย ไพรสิงห์ รหัสนิสิต 53363997



ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2556

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อโครงงาน	การตรวจจับอัคคีภัยภายในอาคาร
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาว จารีรัตน์ สีบำรุงสาสน์ รหัสนิสิต 53363386
	นาย ศุภชัย ไพรสิงห์ รหัสนิสิต 53363997
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนมขวัญ ริยะมงคล
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2556

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนมขวัญ ริยะมงคล)

.....กรรมการ
(อาจารย์รัฐภูมิ วรานุสาสน์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ภาณุพงศ์ สอนคม)

หัวข้อโครงงาน	การตรวจจับอัคคีภัยภายในอาคาร
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาว จารีรัตน์ สีบำรุงสาสน์ รหัสนิสิต 53363386
	นาย ศุภชัย ไพรสิงห์ รหัสนิสิต 53363997
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พนมขวัญ ริยะมงคล
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2556

.....

บทคัดย่อ

การเกิดอัคคีภัยเป็นภัยที่เกิดขึ้นได้โดยไม่รู้ตัว และเป็นภัยที่ทำให้เกิดความเสียหายด้านชีวิตและทรัพย์สินอย่างมหาศาล โครงงานนี้จึงนำเสนอระบบตรวจจับอัคคีภัยภายในอาคาร ซึ่งโปรแกรมนี้จะช่วยในการตรวจจับการเกิดอัคคีภัยภายในอาคารโดยการรับภาพวิดีโอจากกล้องเว็บแคม (Webcam) ทั่วไป จากนั้นนำภาพที่ได้จากวิดีโอมาทำการแยกพื้นหลังและภาพไฟออกจากกัน โดยภาพของไฟที่แยกออกมานั้นจะถูกทำให้เป็นภาพไบนารีด้วยการตรวจสอบค่าสีจากระบบสี HSV และ YCbCr แล้วนำภาพ 2 ภาพที่ห่างกันมาทำการเปรียบเทียบกันเพื่อเปรียบเทียบการเติบโตของไฟ โปรแกรมจะทำการแจ้งเตือนออกมาเป็นภาพและเสียง เมื่อตรวจจับได้ว่าไฟไหม้ โดยโปรแกรมที่พัฒนานั้นสามารถทำงานได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 96

Project Title	Fire detection in the building
Name	Miss. Jareerat Seebamrungsat ID. 53363386
	Mr. Suphachai Praising ID. 53363997
Project Advisor	Assistant Professor Panomkhawn Riyamongkol, Ph.D.
Major	Computer Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering.
Academic year	2013

.....

Abstract

The fire causes the sudden danger and damage life and assets. This project presents about the fire-detecting system in buildings which help to detect fire in the building by the webcam. Fire images are separated from the background and then checked the color values in HSV and YCbCr color model. After that, 2 frames difference is used to compare fire growth. When the fire is detected, the program will notify by image and sound. The accuracy of this program is more than 96 percent.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากความอนุเคราะห์ของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานคือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนมขวัญ ริยะมงคล รวมถึงอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ช่วยชี้แนะแนวทาง ให้คำปรึกษา ในโอกาสนี้ผู้จัดทำโครงงาน จึงขอขอบคุณทุกท่าน ที่มีส่วนช่วยให้โครงงานนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดี สุดท้ายขอขอบพระคุณบิดา และมารดาของผู้จัดทำที่เป็นผู้สนับสนุนในทุกๆด้านด้วยดีตลอดมา ผู้จัดทำขอน้อมระลึกในพระคุณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

นางสาวจารีรัตน์ สีบำรุงสาสน์

นายศุภชัย ไพรสิงห์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญรูป ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 แผนการดำเนินการ 3

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 4

1.6 งบประมาณโครงงาน 4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี

2.1 การเกิดอัคคีภัย 5

2.1.1 องค์ประกอบของอัคคีภัย 5

2.1.2 ประเภทของอัคคีภัย 5

2.1.3 พฤติกรรมของการลุกไหม้ 6

2.1.4 แหล่งกำเนิดอัคคีภัย 6

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2 การประมวลผลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing).....7
2.2.1 ภาพสี (Color Image).....7
2.2.2 ภาพระดับความเข้มเทา (Intensity Image or Gray Scale Image).....8
2.2.3 ภาพไบนารี (Binary Image).....9
2.3 โครงสร้างระบบสี RGB, HSV และ YCbCr (RGB, HSV and YCbCr Color Model)....9
2.3.1 ระบบสี RGB.....10
2.3.2 ระบบสี YCbCr.....11
2.3.3 ระบบสี HSV.....11
2.4 ฮิสโตแกรม (Histogram).....12
2.5 การแยกภาพ (Image Segmentation).....13
2.5.1 การสร้างภาพแบบไบนารีด้วยการทำเทรชโฮลด์ (Thresholding).....13
2.6 การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้างของภาพ 14
2.6.1 การย่อภาพ (Erosion).....14
2.6.2 การขยายภาพ (Dilation).....16
2.6.3 การทำโอเปอเรชั่นโอเพนนิ่ง (Opening).....17

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 โครงสร้างของโปรแกรมระบบตรวจจับอัคคีภัยภายในอาคาร.....18
3.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม.....20
3.2.1 ขั้นตอน A รับวิดีโอจากไฟล์วิดีโอ หรือกล้องเว็บแคม.....20
3.2.2 ขั้นตอน B ตรวจจับเฟรมวิดีโอ.....20
3.2.3 ขั้นตอน C แยกวัตถุที่เป็นไฟออกจากพื้นหลัง.....20
3.2.4 ขั้นตอน D ตรวจสอบว่าระยะห่างของเฟรมเท่ากับ 5 เฟรมหรือไม่.....28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.5 ขั้นตอน E นับจำนวนพิกเซลที่เป็นสีขาว.....29
3.2.6 ขั้นตอน F จำนวนครั้งของการเติบโตต่อเนื่องกันเกิน 5 ครั้งหรือไม่.....30
3.2.7 ขั้นตอน G เปรียบเทียบการเติบโตของไฟ.....30
3.2.8 ขั้นตอน H เรียกเสียงเตือนภัย.....32
3.2.9 ขั้นตอน I ตีกรอบให้ส่วนที่เป็นไฟ.....32

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ส่วนของโปรแกรม.....33
4.2 ขั้นตอนการทดลอง.....34
4.2.1 ผลการทดลองการแยกส่วนของไฟออกจากพื้นหลัง.....34
4.2.2 ผลการทดลองในส่วนของการแจ้งเตือนโดยแยกตามชนิดของเชื้อเพลิง.....40

บทที่ 5 สรุป

5.1 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง.....84
5.2 การเปรียบเทียบกับระบบอื่น.....85
5.3 ปัญหา และแนวทางแก้ไข.....86
5.4 แนวทางการพัฒนาในอนาคต.....86

เอกสารอ้างอิง 87
ภาคผนวก ก. คู่มือการติดตั้งระบบ 88
ภาคผนวก ข. คู่มือการใช้งานระบบ.....92
ประวัติผู้เขียนโครงงาน.....96

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 พฤติกรรมของการลุกไหม้.....6
2.2 ภาพสี และค่าในแต่ละพิกเซล.....7
2.3 คุณสมบัติของภาพระดับเทา.....8
2.4 ภาพแบบไบนารี และค่าในแต่ละพิกเซล.....9
2.5 โครงสร้างระบบสี RGB.....10
2.6 แบบสี RGB ในรูปแบบพิกัด 3 มิติ.....11
2.7 โครงสร้างระบบสี HSV.....12
2.8 กราฟฮิสโตแกรม.....12
2.9 (ก) แสดงรูปภาพเริ่มต้น (Original image).....15
2.9 (ข) แสดงรูปภาพย่อย (Structuring Element).....15
2.9 (ค) ข้อมูลภาพมีค่าไม่เหมือนกับรูปภาพย่อย (Structuring Element).....15
2.9 (ง) ข้อมูลภาพมีค่าเหมือนกับรูปภาพย่อย (Structuring Element).....15
2.10 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการย่อภาพ (Erosion).....15
2.11 (ก) แสดงรูปภาพเริ่มต้น (Original image).....16
2.11 (ข) แสดงรูปภาพย่อย (Structuring Element).....16
2.12 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทำขยายภาพ (Dilation).....16
2.13 (ก) แสดงรูปภาพเริ่มต้น (Original image).....17
2.13 (ข) แสดงรูปภาพย่อย (Structuring Element).....17
2.14 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทำการย่อภาพ (Erosion).....17
2.15 แสดงผลลัพธ์ของการทำโอเปอเรชั่นโอเพนนิ่ง (opening).....17
3.1 ภาพขั้นตอนการดำเนินงานโดยสังเขป (System Overview).....18
3.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม.....19
3.3 แสดงขั้นตอนการทำงานในการแยกวัตถุที่เป็นไฟออกจากพื้นหลัง.....20

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.4 ผลการแปลงภาพจาก RGB เป็น HSV.....21

3.5 (ก) แสดงรูปภาพในระนาบของ ค่าของสี (Hue).....22

3.5 (ข) แสดงรูปภาพในระนาบของ ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation).....22

3.5 (ค) แสดงรูปภาพในระนาบของ ความสว่างของสี (Value หรือ Brightness).....22

3.6 ผลการแปลงภาพจาก RGB เป็น YCbCr.....22

3.7 (ก) แสดงรูปภาพในระนาบของ ความสว่าง(Luminance).....23

3.7 (ข) แสดงรูปภาพในระนาบของ สีน้ำเงินที่ตัดความสว่างออก (Chrominance blue).....23

3.7 (ค) แสดงรูปภาพในระนาบของ สีแดงที่ตัดความสว่างออก (Chrominance red).....23

3.8 (ก) ภาพแสดงค่าของพิกเซลในระนาบค่าของสี (Hue).....24

3.8 (ข) ภาพแสดงค่าของพิกเซลในระนาบค่าความอิ่มตัว (Saturation).....24

3.8 (ค) ภาพแสดงค่าของพิกเซลในระนาบค่าความสว่างของสี (Value).....24

3.9 (ก) แสดงระนาบของค่าของสี (Hue).....25

3.9 (ข) แสดงระนาบของค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation).....25

3.9 (ค) แสดงระนาบของค่าความสว่างของสี (Value).....25

3.9 (ง) แสดงระนาบของค่าความสว่าง(Luminance).....25

3.9 (จ) แสดงระนาบของค่าสีน้ำเงินที่ตัดความสว่างออก (Chrominance blue).....26

3.9 (ฉ) แสดงระนาบของค่าสีแดงที่ตัดความสว่างออก (Chrominance red).....26

3.10 ผลลัพธ์ของการแยกส่วนที่เป็นไฟออกจากพื้นหลัง.....27

3.11 ผลของการกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise) บนเฟรมวิดีโอ.....27

3.12 แสดงภาพของเฟรมวิดีโอ.....28

3.13 แสดงภาพของเฟรมวิดีโอที่จะนำไปพิจารณา.....28

3.14 แสดงขั้นตอนการทำงานในการนับจำนวนพิกเซลที่เป็นสีขาว.....29

3.15 ภาพไบนารีซึ่งเป็นภาพที่ได้จากการแยกส่วนของไฟออกจากพื้นหลัง.....29

3.16 แสดงขั้นตอนการทำงานในการเปรียบเทียบการเติบโตของไฟ.....30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.17 แสดงภาพตัวอย่างในการเปรียบเทียบการเติบโต.....31
3.18 แสดงภาพของเฟรมวิดีโอที่ถูกตีกรอบให้กับส่วนที่เป็นไฟ.....32
4.1 แสดงหน้าต่าง GUI ของโปรแกรม.....33
4.2 (ก) ภาพแสดงระนาบของค่าสี (Hue).....34
4.2 (ข) กราฟฮิสโตแกรมแสดงระดับ Gray level ของระนาบค่าสี (Hue).....34
4.3 (ก) ภาพแสดงระนาบของค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation).....35
4.3 (ข) กราฟฮิสโตแกรมแสดงระดับ Gray level ของระนาบความอิ่มตัวของสี (Saturation)..... 35
4.4 (ก) ภาพแสดงระนาบของค่าความสว่างของสี (Value).....36
4.4 (ข) กราฟฮิสโตแกรมแสดงระดับ Gray level ของระนาบความสว่างของสี (Value) 36
4.5 แสดงตัวอย่างผลการทดลองการแยกส่วนของไฟออกจากพื้นหลัง.....36
4.6 แสดงรูปแบบคอนฟิวชั่นเมทริกซ์ (Confusion matrix).....37
4.7 แสดงภาพของไฟที่เกิดการลุกไหม้.....38
4.8 แสดงภาพที่มีลักษณะและสีเหมือนไฟ.....39
4.9 แสดงภาพของเฟรมวิดีโอ.....80
4.10 (ก) แสดงตัวอย่างเฟรมก่อนหน้า.....81
4.10 (ข) แสดงตัวอย่างเฟรมใหม่ที่รับเข้ามา.....81
4.11 แสดงตัวอย่างเฟรมวิดีโอ.....82

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ตารางขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน.....3

4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการประมวลผลภาพไฟที่เกิดการลุกไหม้.....38

4.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการประมวลผลภาพที่มีลักษณะและสีเหมือนไฟ.....39

4.3 แสดงผลการทดสอบการแจ้งเตือนของการเผาไหม้ของไม้.....40

4.4 แสดงผลการทดสอบการแจ้งเตือนของการเผาไหม้ของเครื่องใช้ไฟฟ้า.....45

4.5 แสดงผลการทดสอบการแจ้งเตือนของการเผาไหม้ของโซฟาเวลากลางคืน.....50

4.6 แสดงผลการทดสอบการแจ้งเตือนของการเผาไหม้ของกระดาษ.....55

4.7 แสดงผลการทดสอบการแจ้งเตือนของการเผาไหม้ของพลาสติก.....60

4.8 แสดงผลการทดสอบการแจ้งเตือนของเสื้อสีส้ม.....65

4.9 แสดงผลการทดสอบการแจ้งเตือนของเสื้อสีส้มและสีเหลือง.....70

4.10 แสดงผลการทดสอบการแจ้งเตือนของเทียน.....75

4.11 แสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในส่วนของการแจ้งเตือน.....82

4.12 แสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในส่วนของการแจ้งเตือน.....83

5.1 เปรียบเทียบกับระบบตรวจจับควัน.....85

5.2 เปรียบเทียบกับระบบตรวจจับความร้อน.....85

5.3 ปัญหา และแนวทางแก้ไข.....86

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันความปลอดภัยในเรื่องชีวิตและทรัพย์สินเป็นเรื่องที่สังคมได้ให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในเรื่องของอัคคีภัยที่สามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ยกตัวอย่างเช่น เกิดขึ้นจากความประมาทของผู้ประสบภัย หรืออาจเกิดจากความผิดพลาดของระบบต่างๆ จนทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรที่เป็นสาเหตุของการเกิดอัคคีภัย ที่นำมาซึ่งความสูญเสียในชีวิตและทรัพย์สินอย่างมหาศาล เราจึงควรหาวิธีที่ช่วยลดความรุนแรงด้วยการตรวจจับเฝ้าระวังเพื่อดำเนินการจัดการได้อย่างทันท่วงทีเมื่อเกิดเหตุอัคคีภัย

การลดความรุนแรงด้วยการตรวจจับและเฝ้าระวังอัคคีภัยจะสามารถแก้ปัญหาและลดความสูญเสีย ซึ่งจะช่วยให้สร้างความมั่นใจในเรื่องความปลอดภัยต่อบุคคลที่อยู่ภายในบริเวณนั้น เพื่อเพิ่มทางเลือกสำหรับผู้ที่ต้องการความปลอดภัยจากอัคคีภัยที่จะเกิดขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการศึกษาและสร้างโปรแกรมตรวจจับอัคคีภัยภายในอาคารด้วยการจับภาพจากกล้องเว็บแคม (Webcam) ขึ้นมา เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง

ดังนั้น คณะผู้จัดทำจึงได้จัดทำโครงงานตรวจจับอัคคีภัย เพื่อความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สิน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อตรวจจับอัคคีภัยที่เกิดขึ้นภายในอาคาร

1.2.2 เพื่อเป็นการลดการสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินจากอัคคีภัย

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ตรวจจับอัคคีภัยภายในอาคาร

1.3.2 กล้องที่ใช้ในการถ่ายภาพเป็นกล้องเว็บแคม (Webcam) ที่สามารถหาซื้อได้ทั่วไป และความละเอียดของกล้องมีขนาดอย่างน้อย 1280 X 720 พิกเซล

1.3.3 ไฟล์วิดีโอที่อินพุตต้องเป็นนามสกุล .mp4 เท่านั้น

1.3.4 ระยะการตรวจจับภายในห้องขนาด 4 x 5 เมตร

1.3.5 สีของไฟต้องเป็นการเผาไหม้ประเภท A หรือ การเผาไหม้ประเภท C ตามมาตรฐาน NFPA 10

1.4 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

กิจกรรม	ปี 2556									
	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1.ศึกษาค้นคว้าข้อมูลในการทำโครงงาน										
2.ศึกษาโครงสร้างภาษาแมทแลบ(MATLAB)										
3.ศึกษาข้อมูลในเรื่องของระบบสี และคุณลักษณะต่างๆของไฟ										
4.ทำการออกแบบโปรแกรมและกำหนดส่วนประกอบ										
5.ศึกษาในเรื่องการเขียนโปรแกรม และทำการเขียนโปรแกรม										
6.ทดสอบการใช้งานและแก้ไขข้อบกพร่อง										
7.สรุปผลการทำโครงงานและจัดทำรายงาน										

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้โปรแกรมที่สามารถตรวจจับอัคคีภัยภายในอาคาร

1.5.2 โปรแกรมสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง

1.5.3 โปรแกรมสามารถใช้งานและมีความถูกต้องประมาณร้อยละ 80

1.6 งบประมาณของโครงงาน

1.6.1 ค่าอุปกรณ์ในการดำเนินโครงงาน	1,300 บาท
1.6.2 ค่าเอกสารที่ใช้ในการดำเนินโครงงาน	200 บาท
1.6.3 ค่าหมึกพิมพ์	200 บาท
1.6.4 ค่าเข้าเล่มโครงงาน	300 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น	2,000 บาท

หมายเหตุ ขออนุมัติถัวเฉลี่ยทุกรายการ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเกิดอัคคีภัย [8, 9]

2.1.1 องค์ประกอบของอัคคีภัย

องค์ประกอบของไฟประกอบด้วย

- ออกซิเจน (Oxygen) โดยถ้าไม่มีออกซิเจนก็จะไม่มีวันเกิดอัคคีภัย บรรยากาศรอบตัวเรามีออกซิเจนอยู่ประมาณ 21% แต่การลุกไหม้สามารถเกิดขึ้นได้ในที่ๆ มีความหนาแน่นของออกซิเจนเพียง 16%เท่านั้น

- เชื้อเพลิง (Fuel) ภายในอาคารจะมีวัสดุที่เป็นเชื้อเพลิงทั้งในรูปแบบต่างๆ เช่น ไม้ ผ้า กระดาษ จึงทำให้เกิดอัคคีภัยได้

- ความร้อน (Heat) เชื้อเพลิงจะลุกไหม้ได้ก็ต่อเมื่อ อุณหภูมิของมันสูงขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดจะต้องการความร้อนไม่เท่ากันในการลุกไหม้

2.1.2 ประเภทของอัคคีภัย

การเกิดไฟไหม้ถูกจำแนกลักษณะออกเป็น 5 ประเภทดังนี้

- Class A เป็นการลุกไหม้ของวัสดุที่เป็นเชื้อเพลิงทั่วๆไป เช่น กระดาษ ไม้ ผ้า ขยะแห้ง และพลาสติกบางชนิด

- Class B ได้แก่การลุกไหม้ของของเหลวที่ติดไฟง่าย เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด ทินเนอร์ น้ำมันสน แอลกอฮอล์

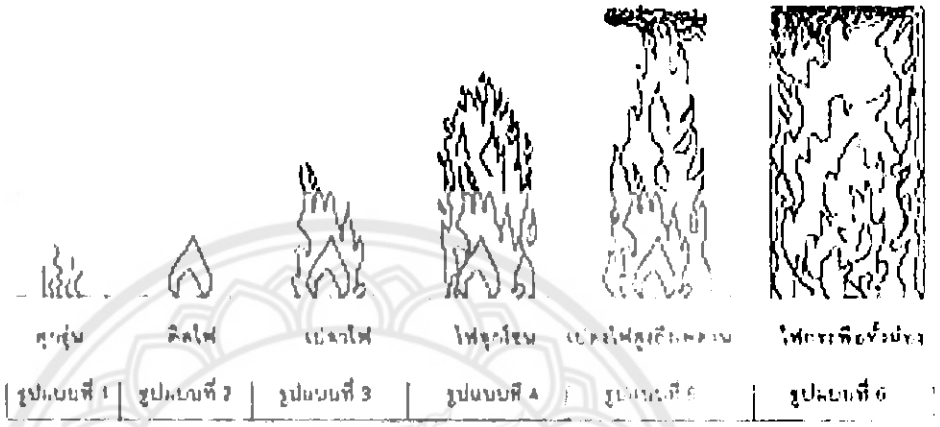
- Class C เป็นการลุกไหม้ของวัสดุทางด้านไฟฟ้า เช่น สายไฟ ปลั๊กไฟ สวิตช์ และอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิด

- Class D เป็นการลุกไหม้ของโลหะบางชนิดที่ สามารถติดไฟได้ เช่น โซเดียม โปแตสเซียม ไททาเนียมและแมกนีเซียม

- Class K เป็นไฟที่เกิดจากเชื้อเพลิงน้ำมันทำอาหาร น้ำมันพืช, น้ำมันจากสัตว์ และไขมัน

2.1.3 พฤติกรรมของการลุกไหม้

อัคคีภัยเกิดจากปฏิกิริยาเคมีของเชื้อเพลิงและอากาศ ซึ่งเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงและมีการปล่อยพลังงาน โดยพฤติกรรมของการเกิดอัคคีภัยถูกแบ่งออกเป็น 6 ช่วง คือ คุกรุ่น, ติดไฟ, เปลวไฟ, ไฟลุกโชน, เปลวไฟลุกโชนถึงเพดาน, ไฟกระพือทั้งห้อง ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 พฤติกรรมของการลุกไหม้

2.1.4 แหล่งกำเนิดอัคคีภัย

แหล่งกำเนิดอัคคีภัยเป็นสาเหตุของการจุดติดไฟ ซึ่งมีสาเหตุและแหล่งกำเนิดแตกต่างกันไป ดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์ไฟฟ้า
2. การสูบบุหรี่หรือการจุดไฟ
3. ความเสียดทานของส่วนประกอบของเครื่องจักร เครื่องยนต์
4. เครื่องทำความร้อน
5. วัตถุที่มีผิวร้อนจัด เช่น เหล็กที่ถูกเผา ท่อไอน้ำ
6. เตาเผาซึ่งไม่มีฝาปิดหรือเปลวไฟที่ไม่มีสิ่งปกคลุม
7. การเชื่อมและตัดโลหะ
8. การลุกไหม้ด้วยตัวเอง เกิดจากการสะสมของสารบางชนิด เช่น พวกขยะแห้ง ถ่านหินจะก่อให้เกิดความร้อนขึ้นในตัวของมันเอง จนกระทั่งถึงจุดติดไฟ
9. เกิดจากการวางเพลิง

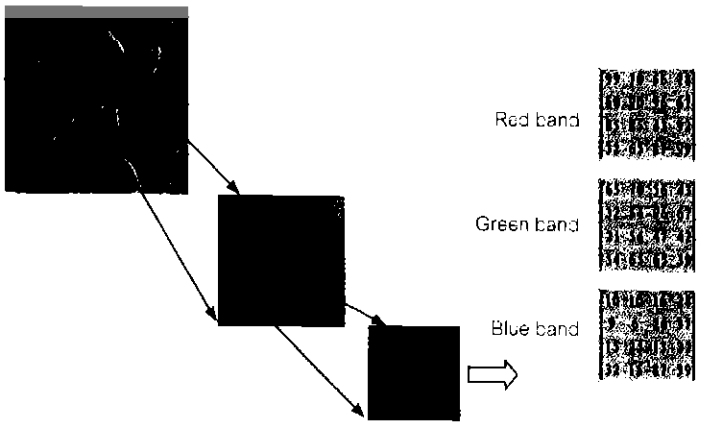
10. ประกายไฟที่เกิดจากเครื่องจักรขัดข้อง
11. โลหะหรือวัตถุหลอมเหลว
12. ไฟฟ้าสถิต
13. ปฏิกิริยาของสารเคมีบางชนิด เช่น โซเดียม โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส เมื่อสัมผัสกับน้ำ อากาศ หรือวัสดุอื่นๆ ทำให้เกิดการลุกไหม้ได้
14. สภาพบรรยากาศที่มีสิ่งปนเปื้อนก่อให้เกิดการระเบิดได้

2.2 การประมวลผลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing) [1]

การประมวลผลภาพ (Image Processing) คือ การกระทำการอย่างใดอย่างหนึ่งกับภาพต้นฉบับ (Input Image) เพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ (Output Image) มีลักษณะของภาพเป็นไปตามอย่างที่ต้องการ ซึ่งการกระทำกับภาพที่ใช้ในการประมวลผลภาพดิจิตอลมีอยู่มากมายหลายแบบ ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณลักษณะและการแยกแยะประเภทของการกระทำกับภาพ จะช่วยให้เราสามารถคาดคะเนภาพผลลัพธ์ที่จะได้จากการกระทำแต่ละแบบ หรือประมาณความซับซ้อนของการกระทำกับภาพที่จะนำไปใช้ได้

2.2.1 ภาพสี (Color Image)

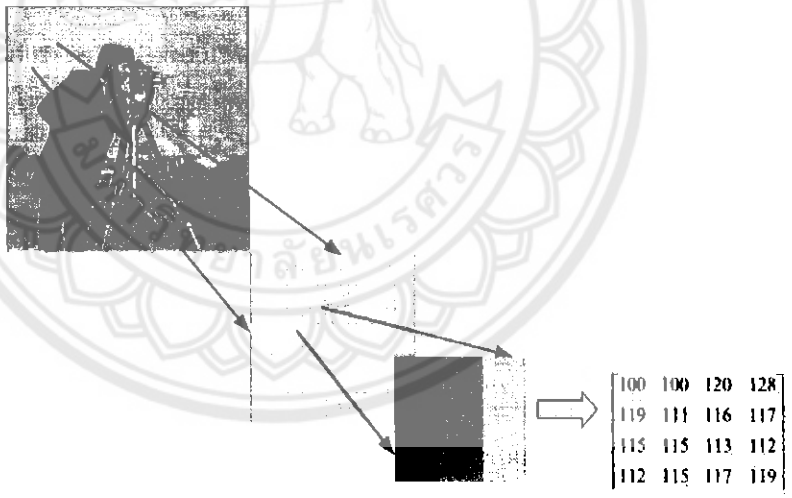
ภาพชนิดนี้ แต่ละจุดภาพหรือพิกเซลของภาพจะเก็บค่าระดับความเข้มเทาของแต่ละแถบแสงของสีหลัก 3 สีที่ซ้อนกันอยู่คือ สีแดง(Red) สีเขียว(Green) สีน้ำเงิน(Blue) ซึ่งในแต่ละพิกเซลนั้นๆ ก็จะแสดงผลของค่าสีของแต่ละพิกเซลตามระดับความเข้มในแต่ละแถบแสงสีนั้น ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.2 หากพิจารณาจุดภาพมุมบนซ้ายสุดของภาพที่ขยาย จะพบว่าค่าระดับความเข้มของแถบแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน มีค่าเท่ากับ 99,65 และ 10 ตามลำดับ



รูปที่ 2.2 ภาพสี และค่าในแต่ละพิกเซล

2.2.2 ภาพระดับความเข้มเทา (Intensity Image or Gray Scale Image)

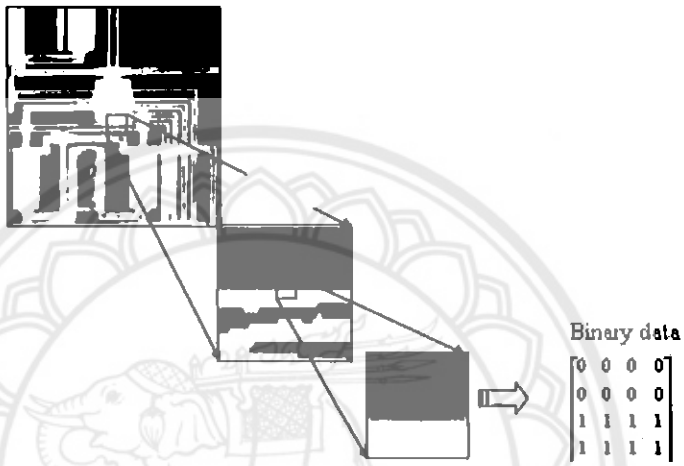
ลักษณะของภาพชนิดนี้ ในแต่ละพิกเซลจะมีค่าความเข้มของแสงในแต่ละระดับที่แตกต่างกันไป ตั้งแต่ระดับเทาดำไปยังระดับสีขาว เราสามารถกำหนดระดับความเข้มของแสงนั้นได้โดยใช้ค่าระดับความเข้มเทา(Gray Scale หรือ Gray Level) โดยปกติทั่วๆไป ภาพแบบระดับสีเทาจะมีค่าระดับความเข้มเท่ากับ 8 บิต ดังนั้นค่าความเข้มแสงจะถูกแบ่งออกเป็น 256 ระดับ เมื่อค่าระดับความเข้มเทามีค่าเป็น 0 จะหมายถึงจุดภาพนั้นมีค่าความเข้มของแสงต่ำ จะทำให้จุดภาพเป็นสีดำ ในทางกลับกัน หากค่าระดับความเข้มเทาเป็น 255 จะหมายถึงจุดภาพนั้นมีค่าความเข้มของแสงมาก จะทำให้จุดภาพเป็นสีขาว ซึ่งสีขาวจะถูกแทนด้วยค่าความเข้มเทาเท่ากับ 255 (11111111) และสีดำจะถูกแทนด้วยค่าระดับความเข้มเทาเท่ากับ 0 (00000000) ส่วนค่าระหว่าง 0-255 ก็จะมีค่าไล่เฉดสีจากสีดำไปหาสีขาวนั่นเอง รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างภาพระดับสีเทา หากพิจารณาจุดภาพมุมบนซ้ายสุดของภาพที่ขยาย จะพบว่าค่าระดับความเข้มเทามีค่าเท่ากับ 100



รูปที่ 2.3 คุณสมบัติของภาพระดับเทา

2.2.3 ภาพไบนารี (Binary Image)

ภาพไบนารีจะแสดงลักษณะของข้อมูลภาพในรูปแบบขาวดำ กล่าวคือในแต่ละพิกเซลของภาพจะถูกแสดงด้วยค่าไบนารี (Binary) คือมี 1 บิต ซึ่งประกอบไปด้วยค่า 1 และ 0 โดยที่ 1 หมายถึงจุดภาพสีขาว และ 0 หมายถึงจุดภาพสีดำ รูปที่ 2.4 เป็นตัวอย่างแสดงภาพแบบขาวดำ



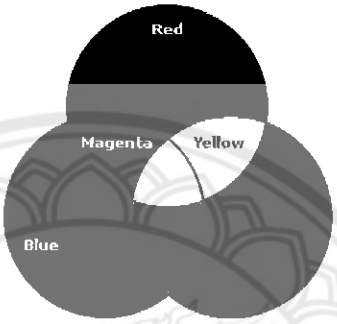
รูปที่ 2.4 ภาพแบบไบนารี และค่าในแต่ละพิกเซล

2.3 โครงสร้างระบบสี RGB, HSV และ YCbCr (RGB, HSV and YCbCr Color Model)

โครงสร้างของสีเป็นโครงสร้างหรือ โมเดลของสีที่ใช้กำหนดสีต่างๆให้เป็นแบบมาตรฐาน ซึ่งโครงสร้างในแต่ละแบบจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป จึงเหมาะสำหรับการใช้งานที่แตกต่างกัน ในโครงสร้างของสีนั้น จะใช้สีหลักๆ ที่เรียกว่าแม่สีมาผสมผสานกลมกลืนกันเพื่อใช้ในการแสดงค่าสีอื่นๆโดยแม่สีหลักนั้นจะแตกต่างกันไปตามโครงสร้างแต่ละชนิด

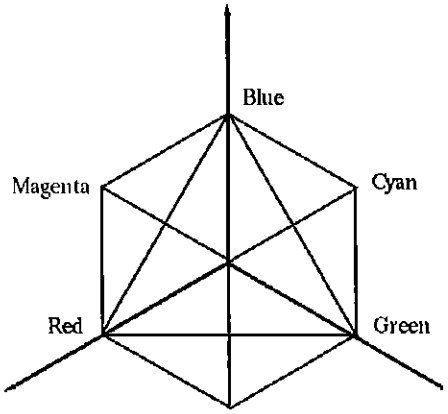
2.3.1 ระบบสี RGB [2]

RGB เป็นระบบสีที่ประกอบด้วยแม่สี 3 สี คือ แดง (Red), เขียว (Green) และน้ำเงิน (Blue) เมื่อนำมาผสมผสานกันทำให้เกิดสีต่าง ๆ บนจอคอมพิวเตอร์มากถึง 16.7 ล้านสี ซึ่งใกล้เคียงสีที่ตาเรามองเห็นปกติ สีที่ได้จากการผสมสีขึ้นอยู่กับความเข้มของสี โดยถ้าสีมีความเข้มมาก เมื่อนำมาผสมกันจะทำให้เกิดเป็นสีขาว จึงเรียกระบบสีนี้ว่าแบบ Additive หรือการผสมสีแบบบวก



รูปที่ 2.5 โครงสร้างระบบสี RGB

โดยระบบสี RGB จะแยกกันอยู่คนละแชนแนล (Channel) สำหรับภาพขนาด 24 บิตต่อพิกเซล(Pixel) ในแต่ละแชนแนลจะมีค่าความเข้มแสง 255 ระดับ คือ ตั้งแต่ 0 ถึง 255 หรือ เท่ากับ 8 บิต (2^8) ซึ่งค่าสีในแต่ละพิกเซลจะเกิดจากการรวมกันของข้อมูลทั้ง 3 แชนแนล โดยระบบคาร์ทีเซียนโคออดิเนตในการระบุค่าสีแต่ละสี ซึ่งสามารถแสดงได้เป็นรูปลูกบาศก์ โดยมีค่า RGB เป็นค่ามุมทั้ง 3 และมีสีดำเป็นโคออดิเนตที่ (0,0,0) และมีสีขาวที่โคออดิเนต (255,255,255) ส่วนค่าสีต่างๆ จะเป็นจุดภายในลูกบาศก์ ซึ่ง กำหนดโดยเวกเตอร์จากจุดกำเนิด ชี้ไปยัง จุดนั้น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แบบสี RGB ในรูปแบบพิกัด 3 มิติ

2.3.2 ระบบสี YCbCr [3]

YCbCr เป็นระบบสัญญาณสีแบบหนึ่งในระบบสัญญาณภาพดิจิตอลจะเป็นอีกระบบของ RGB ความแตกต่างของ YCbCr กับ RGB คือการแสดงภาพของ YCbCr จะใช้สัญญาณความสว่าง และสัญญาณความต่างสี ส่วน RGB แสดงสัญญาณสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยที่ Y มาจากความสว่าง(Luminance) Cb คือ สีน้ำเงินที่ตัดความสว่างออกไป (B–Y) และ Cr คือ สีแดงที่ตัดความสว่างออกไป (R–Y) การแปลงจาก RGB ไปเป็น YCbCr ดังสมการ 2.1

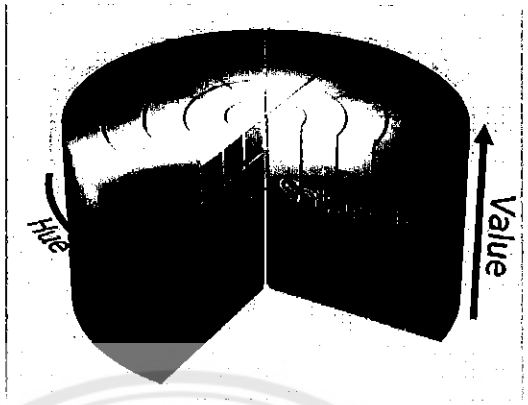
$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.169 & -0.331 & 0.5 \\ 0.5 & -0.419 & -0.081 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

2.3.3 ระบบสี HSV [4]

HSV (Hue, Saturation, Value) Color Model หรือ HSB (Hue, Saturation, Brightness) โมเดลสีนี้ประกอบด้วยค่า 3 ค่า ได้แก่

- Hue คือ ค่าของสี เช่นสีแดง สีเหลือง สีเขียว วัดเป็นมุม คือ 0 – 360 องศา ซึ่งสีแดง สีเหลือง และสีเขียวจะมีค่าต่างกันสีละ 60 องศา
- Saturation คือ ค่าความเข้มของเนื้อสี หรือค่าความบริสุทธิ์ของสี มีค่าตั้งแต่ 0 – 100 โดยสีจะมีความเข้มมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อค่า Saturation มีค่าเพิ่มขึ้น

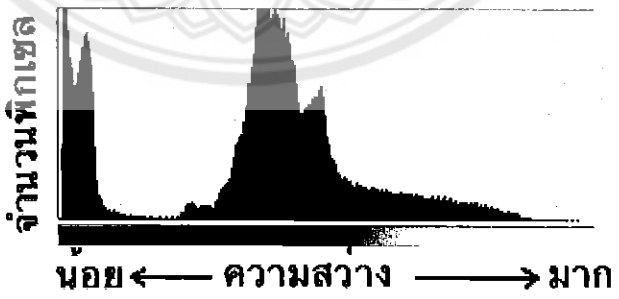
- Value หรือ Brightness คือ ความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0 – 100 โดยภาพจะสว่างมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อ Brightness มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ



รูปที่ 2.7 โครงสร้างระบบสี HSV

2.4 ฮิสโตแกรม (Histogram) [4]

ฮิสโตแกรม เป็นกราฟแสดงจำนวนพิกเซลที่ความสว่างต่างๆ ของภาพ สังเกตได้จากรูปที่ 2.8 แกนนอนเป็นระดับความสว่างที่แบ่งระดับเป็น 256 ระดับ (มักเรียกว่าระดับสีเทา หรือ gray level) โดยมีค่าตั้งแต่ 0-255 เมื่อระดับสีเทามีค่าต่ำ หมายถึงมีความสว่างน้อย จะมองเห็นเป็นสีดำ ค่าระดับสีเทามาก หมายถึงมีความสว่างมากจะมองเห็นเป็นสีขาว แกนตั้งของกราฟแสดงจำนวนพิกเซลในแต่ละความระดับสีเทาซึ่งเป็นค่าสัมพัทธ์



รูปที่ 2.8 กราฟฮิสโตแกรม

2.5 การแยกภาพ (Image Segmentation) [5,6]

การทำการ Segmentation จะทำให้สามารถแยกข้อมูลภาพของส่วนที่ต้องการออกมาได้ ซึ่งการแยกบริเวณนั้น ทำให้ได้ภาพที่เป็นวัตถุที่สนใจออกจากพื้นหลังซึ่งกระบวนการดังกล่าวถือเป็นพื้นฐานของการประมวลขั้นสูงต่อไป

วิธีการแยกบริเวณของภาพสามารถทำได้หลายวิธี เช่น

- Region based segmentation (การแยกบริเวณด้วยการใช้ค่าเทรชโฮลด์) คือ การแยกบริเวณรูปภาพด้วยค่าเทรชโฮลด์ กล่าวคือเป็นการแปลงภาพ Gray scale เป็นภาพ Binary โดยใช้ค่าเทรชโฮลด์
- Edge based segmentation คือ การแยกบริเวณด้วยขอบวัตถุที่ตรวจจับได้ด้วยตัวตรวจจับขอบ

วิธีการที่ใช้ในการแยกภาพของโครงงานนี้คือ การแยกบริเวณด้วยการใช้ค่าเทรชโฮลด์ ซึ่งการเลือกใช้ค่าเทรชโฮลด์นั้นก็มี 2 แบบคือ

- Global Threshold คือ การใช้ค่าเทรชโฮลด์ค่าเดียวกับทั้งภาพ
- Local Threshold คือ การแบ่งภาพหลักออกเป็นภาพย่อยๆ ที่แต่ละภาพย่อยเหล่านั้นจะมีค่าเทรชโฮลด์เป็นของตัวเอง

2.5.1 การสร้างภาพแบบไบนารีด้วยการทำเทรชโฮลด์ (Thresholding)

ในการสร้างภาพแบบไบนารีด้วยวิธีการทำเทรชโฮลด์นั้น มีหลักการพิจารณาคือจะพิจารณาจุดของภาพว่าจุดใดควรจะเป็นจุดดำหรือจุดขาว โดยเปรียบเทียบระหว่างค่าในพิกเซลเริ่มต้นกับค่าคงที่ค่าหนึ่งหรือค่าเทรชโฮลด์ โดยถ้ากำหนดค่า threshold = 120 แล้วค่า pixel ในรูปที่มีค่าน้อยกว่า 120 จะถูกปรับค่าเป็น 0 ในทางกลับกันถ้าค่าในพิกเซลไหนมากกว่า 120 จะถูกปรับเป็น 255 ดังสมการ 2.2

$$g(x,y) = 0 \qquad if \;\; f(x,y) < threshold\ value \tag{2.2}$$
$$g(x,y) = 255 \qquad if \;\; f(x,y) \geq threshold\ value$$

เมื่อ f(x,y) คือ ตำแหน่งพิกเซลของภาพต้นฉบับ

g(x,y) คือ ตำแหน่งพิกเซลของภาพผลลัพธ์

2.6 การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้างของภาพ [5,7]

การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้างของภาพ คือ การประมวลผลภาพโดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ โอเปอเรชั่นพื้นฐานโดยทั่วไปมักจะกระทำกับภาพแบบไบนารี แต่ที่กระทำกับภาพระดับเทานั้นก็มี ส่วนในโครงงานนี้จะกล่าวถึงแค่ส่วนที่กระทำกับภาพแบบไบนารีเท่านั้น มีหลายโอเปอเรชั่น ได้แก่

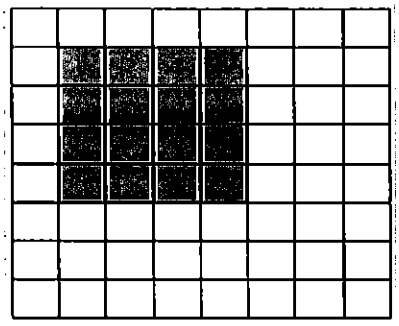
- การขยายภาพ (Dilation) คือ การขยายภาพโดยมีสัดส่วนเท่ากันทั่วทั้งภาพ
- การย่อภาพ (Erosion) คือ การย่อภาพโดยมีสัดส่วนเท่ากันทั่วทั้งภาพ
- การโครชชิ่ง (Closing คือ การขยายภาพ (Dilation) แล้วตามด้วยการทำย่อภาพ (Erosion)
- การโอเพนนิ่ง (Opening) คือ การทำการย่อภาพ (Erosion) แล้วตามด้วยการขยายภาพ (Dilation)
- การทำให้ภาพบาง (Thinning) คือ การลบขอบของวัตถุ

ในโครงงานนี้จะกล่าวถึง เฉพาะกระบวนการย่อภาพ (Erosion) การขยายภาพ (Dilation) และการทำโอเพนนิ่ง(Opening) เท่านั้น

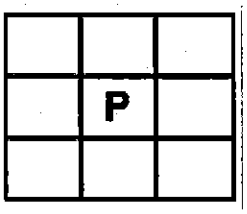
2.6.1 การย่อภาพ (Erosion)

การย่อภาพเป็นลักษณะของการลบข้อมูลภาพบริเวณขอบของภาพ การย่อภาพสามารถทำได้มีลักษณะคล้ายกับการขยายภาพโดยการสร้างรูปภาพย่อย (Structuring Element) ขึ้นแล้วนำรูปภาพย่อย (Structuring Element) ไปสแกนตามข้อมูลภาพ

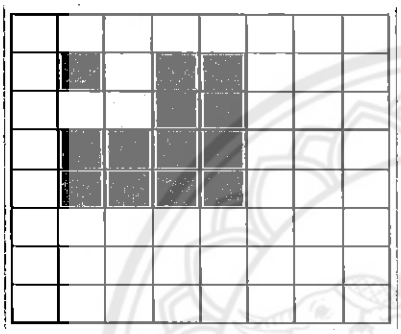
สำหรับทุกตำแหน่งที่เลื่อนรูปภาพย่อย (Structuring Element) ไปบนภาพก็จะมีการเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพ ถ้าข้อมูลภาพมีค่าเหมือนกับรูปภาพย่อย (Structuring Element) จะทำการกำหนดค่าข้อมูลภาพในตำแหน่งที่ตรงกับจุดเริ่มต้น (Origin) ของรูปภาพย่อย (Structuring Element) ถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1



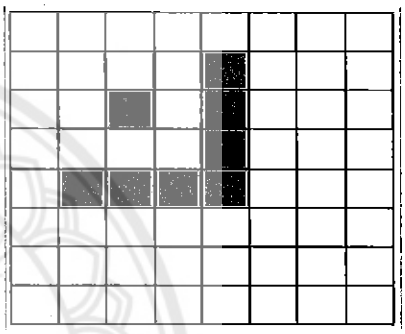
(ก)



(ข)



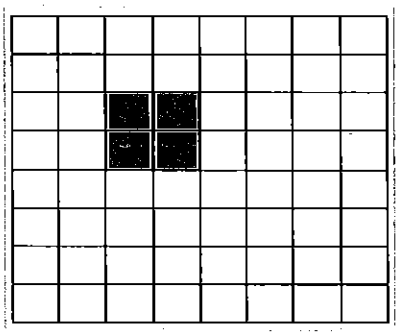
(ค)



(ง)

รูปที่ 2.9 (ก) แสดงรูปภาพเริ่มต้น (Original image)
(ข) แสดงรูปภาพย่อย (Structuring Element)
(ค) ข้อมูลภาพมีค่าไม่เหมือนกับรูปภาพย่อย (Structuring Element)
(ง) ข้อมูลภาพมีค่าเหมือนกับรูปภาพย่อย (Structuring Element)

ซึ่งผลที่ได้จะมีเพียง 4 ตำแหน่งเท่านั้นที่มีค่าเหมือนกับรูปแบบ (template)

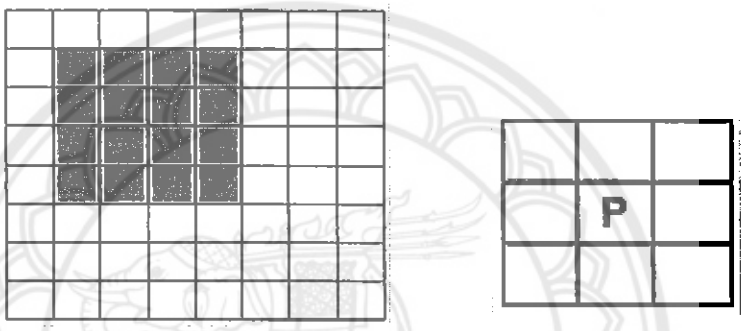


รูปที่ 2.10 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการย่อภาพ (Erosion)

ผลที่ได้ตามรูปที่ 2.10 ข้อมูลภาพที่ผ่านการทำโอเปอเรชั่นกับรูปภาพย่อย (Structuring Element) แล้วพบว่ารูปภาพย่อย (Structuring Element) จะเป็นตัวกำหนดขนาดของผลลัพธ์ที่ได้

2.6.2 การขยายภาพ (Dilation)

การขยายภาพจะทำได้โดยกำหนดรูปแบบ (template) และนำรูปภาพย่อย (Structuring Element) นี้สแกนไปบนข้อมูลภาพตามลำดับตลอดทั้งภาพซึ่งในขณะที่จุดเริ่มต้น (Origin) ของรูปภาพย่อย (Structuring Element) ตรงกับตำแหน่งข้อมูลภาพที่พิกเซลมีค่าเท่ากับ 1 นั้นก็จะทำการยูเนียนรูปภาพย่อย (Structuring Element) นี้เข้ากับข้อมูลภาพดังตัวอย่าง

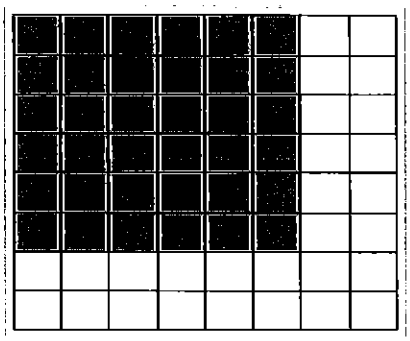


(ก) (ข)

รูปที่ 2.11 (ก) แสดงรูปภาพเริ่มต้น (Original image)

(ข) แสดงรูปภาพย่อย (Structuring Element)

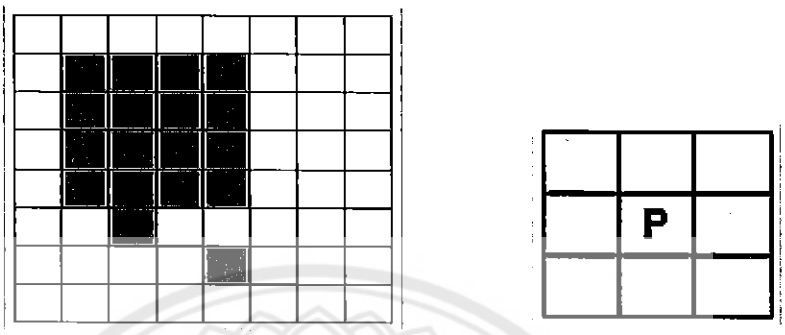
ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นไปตามรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทำขยายภาพ (Dilation)

2.6.3 การทำโอเปอเรชั่นโอเพนนิ่ง (Opening)

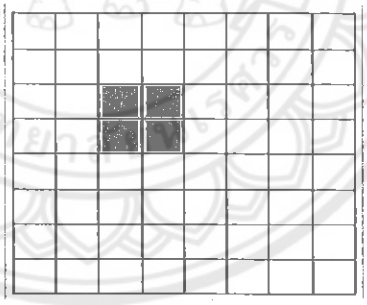
การทำโอเปอเรชั่นโอเพนนิ่ง คือการนำข้อมูลภาพ ผ่านการทำย่อภาพ (Erosion) แล้วตามด้วยการขยายภาพ (Dilation) โดยใช้ รูปภาพย่อย (Structuring Element) ชุดเดียวกัน



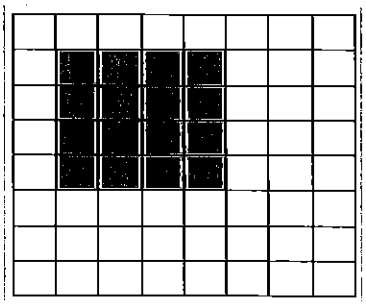
(ก) (ข)

รูปที่ 2.13 (ก) แสดงรูปภาพเริ่มต้น (Original image)

(ข) แสดงรูปภาพย่อย (Structuring Element)



รูปที่ 2.14 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทำการย่อภาพ (Erosion)



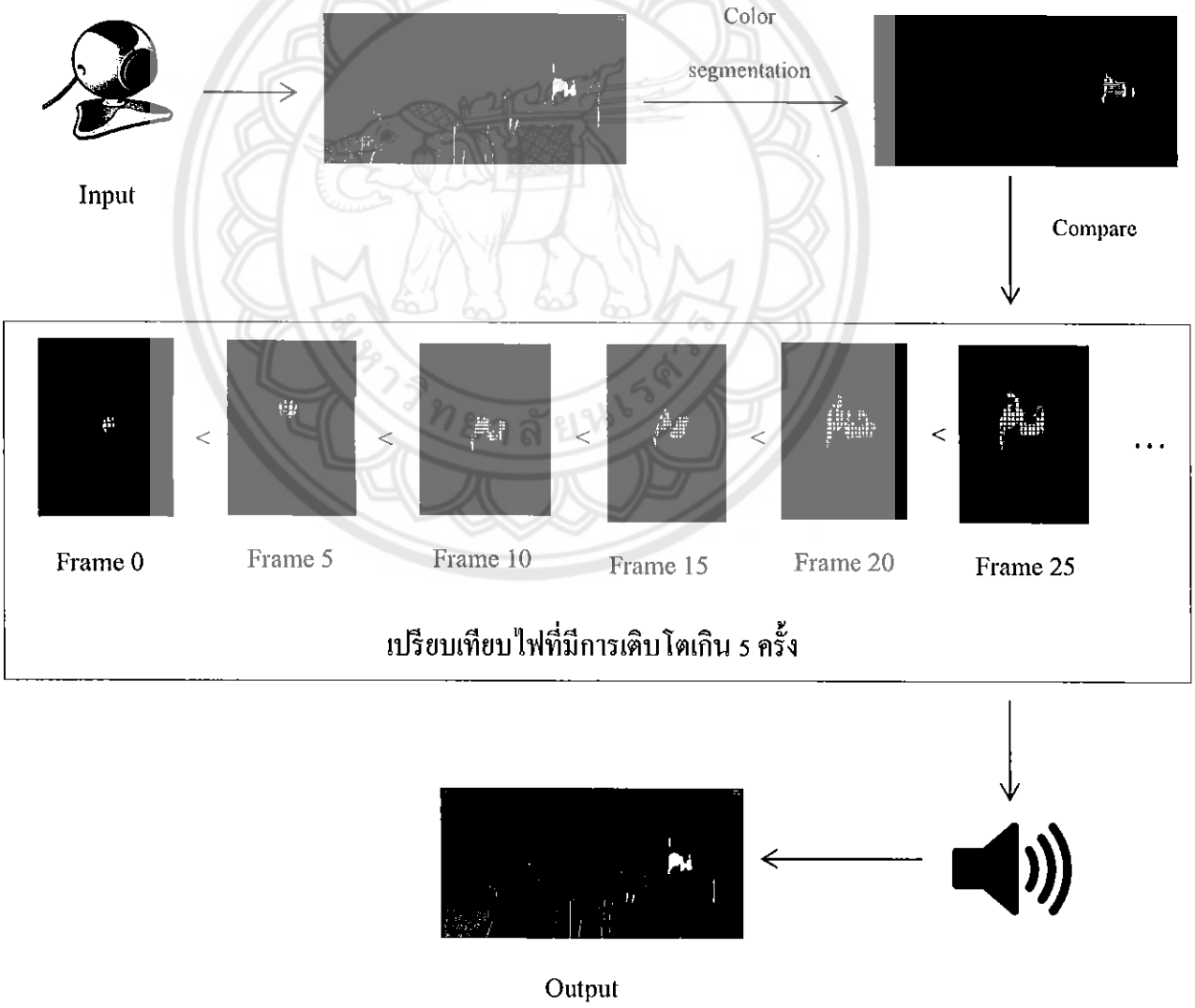
รูปที่ 2.15 แสดงผลลัพธ์ของการทำโอเปอเรชั่นโอเพนนิ่ง (opening)

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการสร้างระบบตรวจจับอัคคีภัยภายในอาคารนั้น เกิดจากการนำข้อมูลซึ่งเป็นการรับค่าจากกล้องเว็บแคม (Webcam) หรือรับค่าจากไฟล์วิดีโอเข้ามา แล้วนำไปประมวลผลเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ ในบทนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างของระบบตรวจจับอัคคีภัยภายในอาคาร

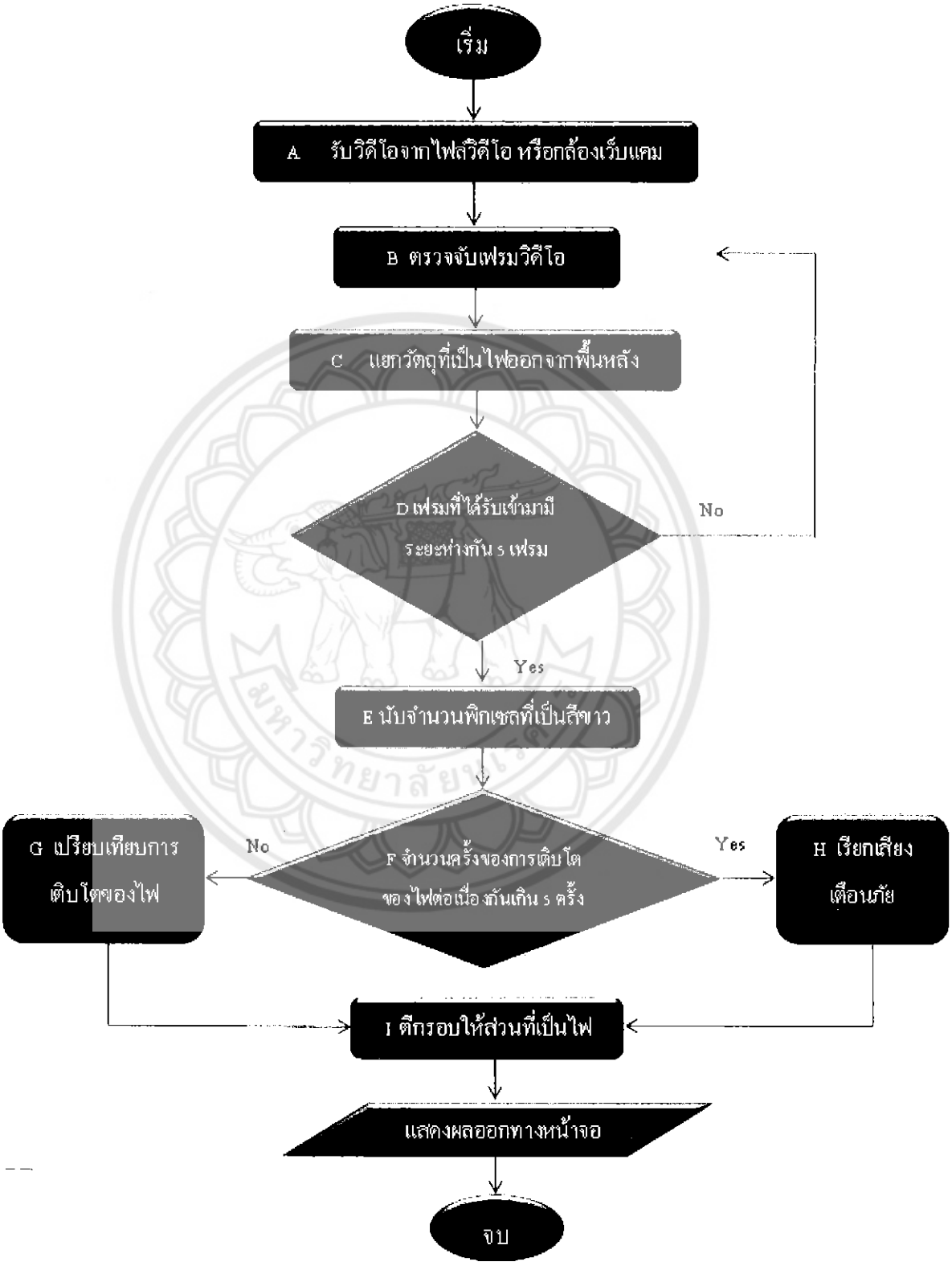
3.1 โครงสร้างของโปรแกรมระบบตรวจจับอัคคีภัยภายในอาคาร

โครงสร้างของโปรแกรมมีกระบวนการทำงานดังนี้



รูปที่ 3.1 ภาพขั้นตอนการดำเนินงานโดยสังเขป (System Overview)

โปรแกรมระบบการตรวจจับอัคคีภัยภายในอาคารจะมีขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของโปรแกรมดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

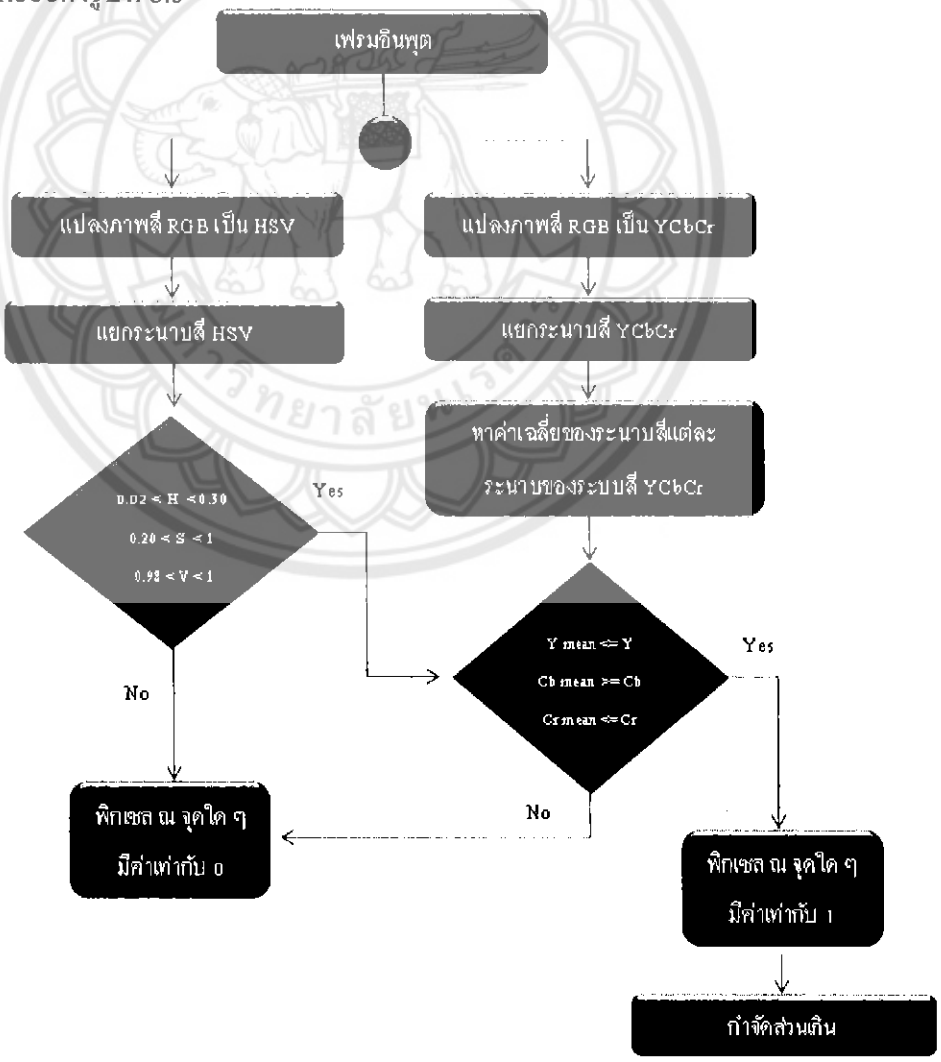
3.2 ขั้นตอนการทางานของโปรแกรม

อ้างอิงจากรูปที่ 3.2 สามารถแสดงรายละเอียดของแต่ละส่วนได้ดังนี้

3.2.1 ขั้นตอน A รับวิดีโอจากไฟล์วิดีโอ หรือกล้องเว็บแคม (Webcam) เขียนโปรแกรมเพื่อรับไฟล์วิดีโอ หรือวิดีโอจากกล้องเว็บแคม (Webcam) ในรูปแบบการรับภาพวิดีโอแล้วนำไปประมวลผลทันที (Real Time)

3.2.2 ขั้นตอน B ตรวจจับเฟรมวิดีโอ ตรวจสอบเฟรมวิดีโอที่ได้รับจากไฟล์วิดีโอ หรือวิดีโอจากกล้องเว็บแคม (Webcam) ในรูปแบบการรับภาพวิดีโอแล้วนำไปประมวลผลทันที (Real Time) โดยตรวจสอบหาลักษณะของส่วนที่เป็นไฟอยู่ภายในเฟรมวิดีโอ

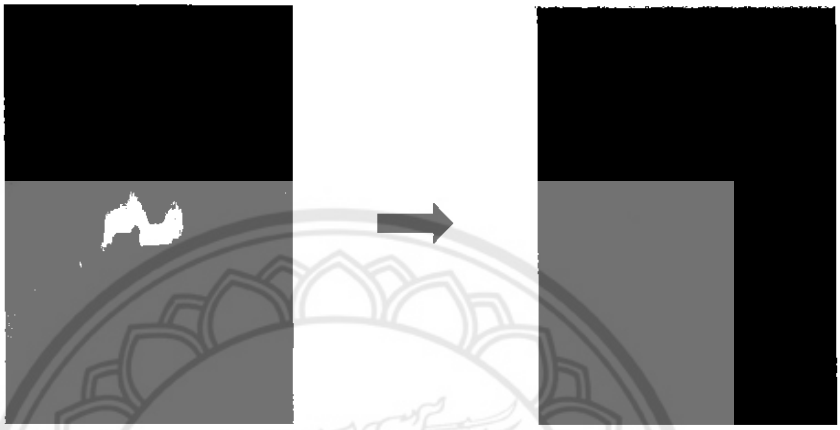
3.2.3 ขั้นตอน C แยกวัตถุที่เป็นไฟออกจากพื้นหลัง แยกวัตถุที่เป็นไฟออกจากพื้นหลังด้วยระบบสี HSV และระบบสี YCbCr โดยขั้นตอนในการแยกวัตถุที่เป็นไฟออกจากพื้นหลังนี้มีรายละเอียดย่อยดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการทำงานในการแยกวัตถุที่เป็นไฟออกจากพื้นหลัง

3.2.3.1 การแปลงภาพ RGB เป็น HSV

ในโปรแกรมแมทแลบจะมีคำสั่งสำเร็จรูปที่จะแปลงภาพ RGB ไปเป็น HSV คือ คำสั่ง "rgb2hsv" ที่สามารถเรียกใช้ได้เลย แปลงเพื่อที่จะใช้ ค่าของสี (Hue) ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) และ ความสว่างของสี (Value หรือ Brightness) ในการหาส่วนที่เป็นไฟต่อไป



รูปที่ 3.4 ผลการแปลงภาพจาก RGB เป็น HSV

3.2.3.2 การแยกระนาบสีของระบบสี HSV

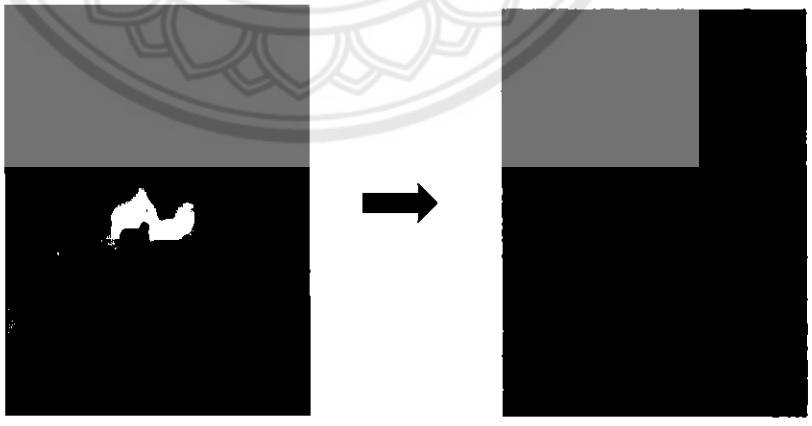
ทำการแยกระนาบสีของระบบสี HSV เพื่อหาช่วงของ ค่าของสี (Hue) ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) และ ความสว่างของสี (Value หรือ Brightness) ซึ่งการหาช่วงของ HSV ดังกล่าวนั้น เป็นช่วงของลักษณะของไฟ โดยการหาช่วงของค่าของสี (Hue) ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) และ ความสว่างของสี (Value หรือ Brightness) นั้นเราสามารถหาได้หลายวิธีด้วยกัน หนึ่งในนั้นก็คือการใช้กราฟฮิสโตแกรม ในการหาช่วงของแต่ละระนาบสีของระบบสี HSV นั้นเอง

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.5 (ก) แสดงรูปภาพในระนาบของ ค่าของสี (Hue)
(ข) แสดงรูปภาพในระนาบของ ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation)
(ค) แสดงรูปภาพในระนาบของ ความสว่างของสี
(Value หรือ Brightness)

3.2.3.3 การแปลงภาพ RGB เป็น YCbCr

ในโปรแกรมแมทแลบจะมีคำสั่งสำเร็จรูปที่จะแปลงภาพ RGB ไปเป็น YCbCr คือ คำสั่ง "rgb2ycbcr" ที่สามารถเรียกใช้ได้เลย แปลงเพื่อที่จะใช้ ความสว่าง(Luminance) สีน้ำเงินที่ตัดความสว่างออก (Chrominance blue) และสีแดงที่ตัดความสว่างออก(Chrominance red) ในการหาส่วนที่เป็นไฟต่อไป



รูปที่ 3.6 ผลการแปลงภาพจาก RGB เป็น YCbCr

3.2.3.4 การแยกระนาบสีของระบบสี YCbCr

ทำการแยกระนาบสีของระบบสี YCbCr เพื่อหาค่าของความสว่าง (Luminance) สีน้ำเงินที่ตัดความสว่างออก (Chrominance blue) และสีแดงที่ตัดความสว่างออก (Chrominance red) ซึ่งการหาค่าของ YCbCr ดังกล่าวนั้น เป็นค่าของลักษณะของไฟ

(ก) (ข) (ค)

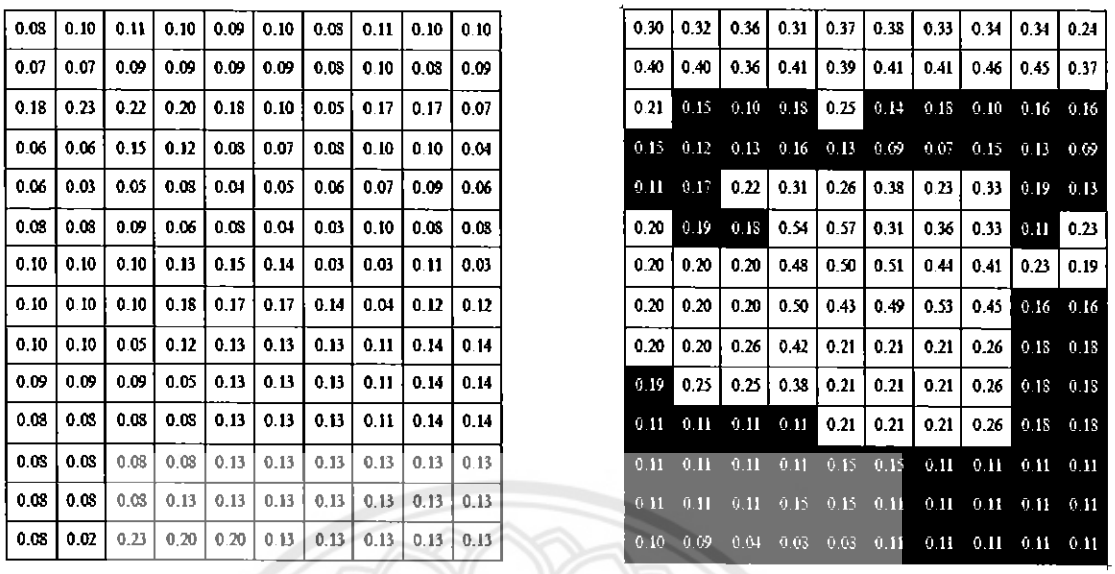
รูปที่ 3.7 (ก) แสดงรูปภาพในระนาบของ ความสว่าง(Luminance)
(ข) แสดงรูปภาพในระนาบของ สีน้ำเงินที่ตัดความสว่างออก (Chrominance blue)
(ค) แสดงรูปภาพในระนาบของ สีแดงที่ตัดความสว่างออก (Chrominance red)

3.2.3.5 หาค่าเฉลี่ย YCbCr

เมื่อทำการแยกระนาบของระบบ YCbCr เรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นก็นำแต่ละระนาบของระบบสี YCbCr คือระนาบ Y ระนาบ Cb ระนาบ Cr มาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำค่าเฉลี่ยของแต่ละระนาบมาพิจารณาในการแยกส่วนที่เป็นไฟออกจากพื้นหลังต่อไป

3.2.3.6 การแยกส่วนที่เป็นไฟออกจากพื้นหลังด้วย Color Segmentation

ทำการแยกส่วนที่เป็นไฟออกจากพื้นหลังโดยการใช้ระบบสี HSV และ YCbCr ในการแยกส่วนที่เป็นไฟออกจากพื้นหลัง ซึ่งจากการพิจารณาระบบสี HSV จะพบว่าค่าของสี (Hue) จากระนาบค่าของสี (Hue) ในส่วนที่เป็นไฟถ้าคิดเป็นค่าของ Gray Scale คืออยู่ในช่วง 0 ถึง 0.30 และเมื่อพิจารณาค่าความอิ่มตัว (Saturation) จากระนาบของค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) ในส่วนที่เป็นไฟจะมีค่าระหว่าง 0.20 ถึง 1 ซึ่งหมายถึงความอิ่มตัวของสีไฟนั้นจะมีทั้งสีอ่อนและสีเข้ม เมื่อพิจารณาค่าความสว่างของสี (Value) จากระนาบของค่าความสว่างของสี (Value) ในส่วนที่เป็นไฟจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.98 ถึง 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในส่วนที่เป็นไฟนั้นมีความสว่างมากนั่นเอง



0.08	0.10	0.11	0.10	0.09	0.10	0.08	0.11	0.10	0.10
0.07	0.07	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.10	0.08	0.09
0.18	0.23	0.22	0.20	0.18	0.10	0.05	0.17	0.17	0.07
0.06	0.06	0.15	0.12	0.08	0.07	0.08	0.10	0.10	0.04
0.06	0.03	0.05	0.08	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.06
0.08	0.08	0.09	0.06	0.08	0.04	0.03	0.10	0.08	0.08
0.10	0.10	0.10	0.13	0.15	0.14	0.03	0.03	0.11	0.03
0.10	0.10	0.10	0.18	0.17	0.17	0.14	0.04	0.12	0.12
0.10	0.10	0.05	0.12	0.13	0.13	0.13	0.11	0.14	0.14
0.09	0.09	0.09	0.05	0.13	0.13	0.13	0.11	0.14	0.14
0.08	0.08	0.08	0.08	0.13	0.13	0.13	0.11	0.14	0.14
0.08	0.08	0.08	0.08	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
0.08	0.08	0.08	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
0.08	0.02	0.23	0.20	0.20	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13

(ก)

0.30	0.32	0.36	0.31	0.37	0.38	0.33	0.34	0.34	0.24
0.40	0.40	0.36	0.41	0.39	0.41	0.41	0.46	0.45	0.37
0.21	0.15	0.10	0.18	0.25	0.14	0.18	0.10	0.16	0.16
0.15	0.12	0.13	0.16	0.13	0.69	0.07	0.15	0.13	0.69
0.11	0.17	0.22	0.31	0.26	0.38	0.23	0.33	0.19	0.13
0.20	0.19	0.18	0.54	0.57	0.31	0.36	0.33	0.11	0.23
0.20	0.20	0.20	0.48	0.50	0.51	0.44	0.41	0.23	0.19
0.20	0.20	0.20	0.50	0.43	0.49	0.53	0.45	0.16	0.16
0.20	0.20	0.26	0.42	0.21	0.21	0.21	0.26	0.18	0.18
0.19	0.25	0.25	0.38	0.21	0.21	0.21	0.26	0.18	0.18
0.11	0.11	0.11	0.11	0.21	0.21	0.21	0.26	0.18	0.18
0.11	0.11	0.11	0.11	0.15	0.15	0.11	0.11	0.11	0.11
0.11	0.11	0.11	0.15	0.15	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
0.10	0.09	0.04	0.03	0.03	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11

(ข)

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(ค)

รูปที่ 3.8 (ก) ภาพแสดงค่าของพิกเซลในระนาบค่าของสี (Hue)

(ข) ภาพแสดงค่าของพิกเซลในระนาบค่าความอิ่มตัว (Saturation)

(ค) ภาพแสดงค่าของพิกเซลในระนาบค่าความสว่างของสี (Value)

เมื่อพิจารณาหาช่วงของค่าของสี (Hue) ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) และค่าความสว่าง (Value) เรียบร้อยแล้วจะนำช่วงที่พิจารณานั้นเป็นตัวกำหนดในการแยกส่วนที่เป็นไฟออกจากพื้นหลัง โดยถ้าพิกเซลใดๆ มีค่า Hue อยู่ในช่วง 0.02 ถึง 0.30 ค่า Saturation อยู่ในช่วง 0.20 ถึง 1 และค่า Value อยู่ในช่วง 0.98 ถึง 1 จะไปพิจารณาต่อโดยใช้ระบบสี YCbCr ซึ่งมีเงื่อนไขต่อไปนี้ ถ้าพิกเซลใดๆ มีค่าเฉลี่ยของ Y น้อยกว่าหรือเท่ากับ Y, ค่าเฉลี่ยของ Cb มากกว่าหรือเท่ากับ Cb และค่าเฉลี่ย Cr น้อยกว่าหรือเท่ากับ Cr ให้พิกเซลนั้นมีค่าเท่ากับ 1 ถ้าไม่เช่นนั้นให้มีค่าเท่ากับ 0

0.08	0.10	0.11	0.10	0.09	0.10	0.08	0.11	0.10	0.10
0.07	0.07	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.10	0.08	0.09
0.18	0.23	0.22	0.20	0.18	0.10	0.05	0.17	0.17	0.07
0.06	0.06	0.15	0.12	0.08	0.07	0.08	0.10	0.10	0.04
0.06	0.03	0.05	0.08	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.06
0.08	0.08	0.09	0.06	0.08	0.04	0.03	0.10	0.08	0.08
0.10	0.10	0.10	0.13	0.15	0.14	0.03	0.03	0.11	0.03
0.10	0.10	0.10	0.18	0.17	0.17	0.14	0.04	0.12	0.12
0.10	0.10	0.05	0.12	0.13	0.13	0.13	0.11	0.14	0.14
0.09	0.09	0.09	0.05	0.13	0.13	0.13	0.11	0.14	0.14
0.08	0.08	0.08	0.08	0.13	0.13	0.13	0.11	0.14	0.14
0.08	0.08	0.08	0.08	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
0.08	0.08	0.08	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
0.08	0.02	0.23	0.20	0.20	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13

(ก)

0.30	0.32	0.36	0.31	0.37	0.38	0.33	0.34	0.34	0.24
0.40	0.40	0.36	0.41	0.39	0.41	0.41	0.46	0.45	0.37
0.21	0.15	0.10	0.18	0.25	0.14	0.18	0.10	0.16	0.16
0.15	0.12	0.13	0.16	0.13	0.09	0.07	0.15	0.13	0.09
0.11	0.17	0.22	0.31	0.26	0.38	0.23	0.33	0.19	0.13
0.20	0.19	0.18	0.54	0.57	0.31	0.36	0.33	0.11	0.23
0.20	0.20	0.20	0.48	0.50	0.51	0.44	0.41	0.23	0.19
0.20	0.20	0.20	0.50	0.43	0.49	0.53	0.45	0.16	0.16
0.20	0.20	0.26	0.42	0.21	0.21	0.21	0.26	0.18	0.18
0.19	0.25	0.25	0.38	0.21	0.21	0.21	0.26	0.18	0.18
0.11	0.11	0.11	0.11	0.21	0.21	0.21	0.26	0.18	0.18
0.11	0.11	0.11	0.11	0.15	0.15	0.11	0.11	0.11	0.11
0.11	0.11	0.11	0.15	0.15	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
0.10	0.09	0.04	0.03	0.03	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11

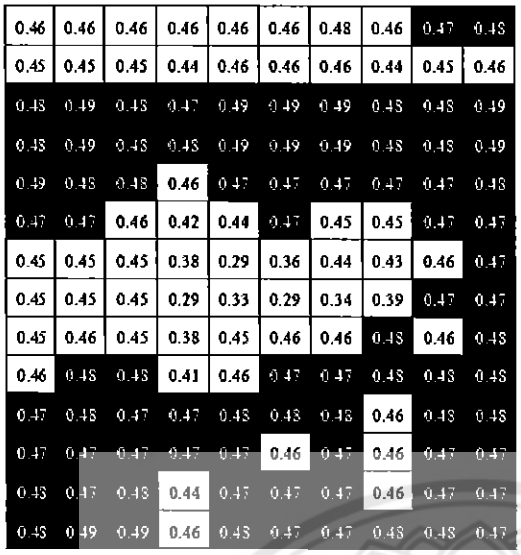
(ข)

0.39	0.40	0.29	0.27	0.32	0.31	0.33	0.34	0.30	0.31
0.51	0.51	0.40	0.41	0.33	0.34	0.35	0.37	0.33	0.35
0.21	0.21	0.11	0.20	0.19	0.15	0.13	0.20	0.20	0.18
0.34	0.33	0.30	0.28	0.25	0.32	0.32	0.31	0.31	0.32
0.24	0.26	0.37	0.35	0.41	0.29	0.37	0.36	0.44	0.39
0.52	0.59	0.58	0.95	0.92	0.40	0.60	0.42	0.60	0.42
0.66	0.63	0.63	0.98	0.98	1.00	0.83	0.95	0.52	0.51
0.63	0.63	0.63	0.99	0.98	0.99	0.99	0.98	0.56	0.56
0.63	0.63	0.71	1.00	0.64	0.64	0.64	0.55	0.57	0.57
0.60	0.27	0.27	0.98	0.64	0.64	0.64	0.55	0.57	0.57
0.77	0.77	0.77	0.77	0.64	0.64	0.64	0.55	0.57	0.57
0.77	0.77	0.77	0.77	0.56	0.56	0.71	0.71	0.71	0.71
0.77	0.77	0.77	0.56	0.56	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
0.57	0.39	0.51	0.53	0.53	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71

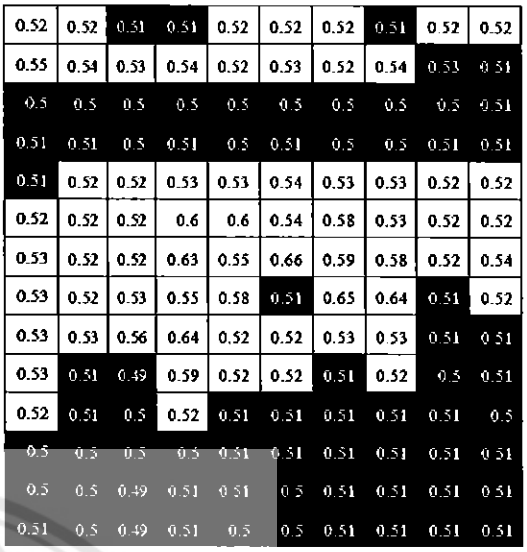
(ค)

0.38	0.4	0.38	0.35	0.32	0.3	0.33	0.35	0.31	0.32
0.42	0.42	0.4	0.39	0.36	0.38	0.35	0.35	0.32	0.34
0.27	0.27	0.26	0.26	0.26	0.27	0.26	0.26	0.26	0.27
0.3	0.3	0.29	0.28	0.3	0.3	0.3	0.29	0.29	0.29
0.31	0.32	0.32	0.32	0.33	0.32	0.32	0.3	0.32	0.37
0.41	0.44	0.43	0.43	0.4	0.32	0.45	0.37	0.46	0.36
0.57	0.55	0.54	0.63	0.84	0.6	0.4	0.46	0.49	0.45
0.6	0.57	0.56	0.82	0.57	0.85	0.68	0.49	0.53	0.51
0.6	0.49	0.45	0.69	0.57	0.56	0.48	0.48	0.52	0.51
0.6	0.31	0.32	0.65	0.58	0.59	0.54	0.49	0.56	0.52
0.68	0.59	0.65	0.63	0.59	0.59	0.53	0.48	0.56	0.53
0.67	0.66	0.64	0.59	0.57	0.56	0.6	0.58	0.57	0.55
0.65	0.65	0.56	0.55	0.49	0.64	0.65	0.6	0.64	0.63
0.5	0.44	0.48	0.55	0.5	0.64	0.65	0.61	0.61	0.63

(ง)



(จ)



(ฉ)

รูปที่ 3.9 (ก) แสดงระนาบของค่าของสี (Hue)

(ข) แสดงระนาบของค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation)

(ค) แสดงระนาบของค่าความสว่างของสี (Value)

(ง) แสดงระนาบของค่าความสว่าง(Luminance)

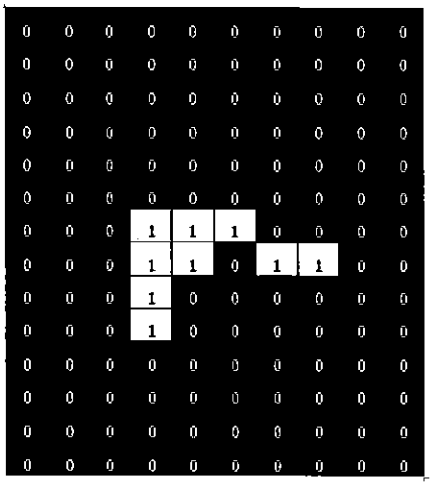
(จ) แสดงระนาบของค่าสีน้ำเงินที่ตัดความสว่างออก(Chrominance blue)

(ฉ) แสดงระนาบของค่าสีแดงที่ตัดความสว่างออก (Chrominance red)

จากรูป 3.9 รูป (ง) (จ) และ (ฉ) ค่าเฉลี่ยของพิกเซลในแต่ละรูปสามารถแสดงได้ดังนี้

- รูป (ง) คือ ค่าความสว่าง(Luminance) มีค่าเฉลี่ยเป็น 0.466383
- รูป (จ) คือ ค่าสีน้ำเงินที่ตัดความสว่างออก (Chrominance blue) มีค่าเฉลี่ยเป็น 0.459714
- รูป (ง) คือค่าสีแดงที่ตัดความสว่างออก (Chrominance red) มีค่าเฉลี่ยเป็น 0.523357

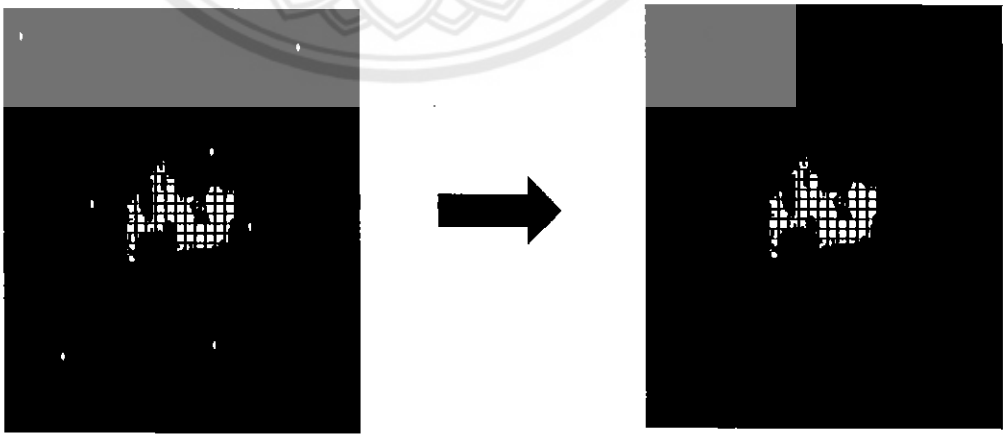
เมื่อพิจารณารูป 3.9 รูป (ก) - (ฉ) และค่าเฉลี่ยของ YCbCr ที่หาได้ สามารถแยกส่วนที่เป็นไฟออกจากพื้นหลังตามเงื่อนไขที่กล่าวมาข้างต้นได้ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ผลลัพธ์ของการแยกส่วนที่เป็นไฟออกจากพื้นหลัง

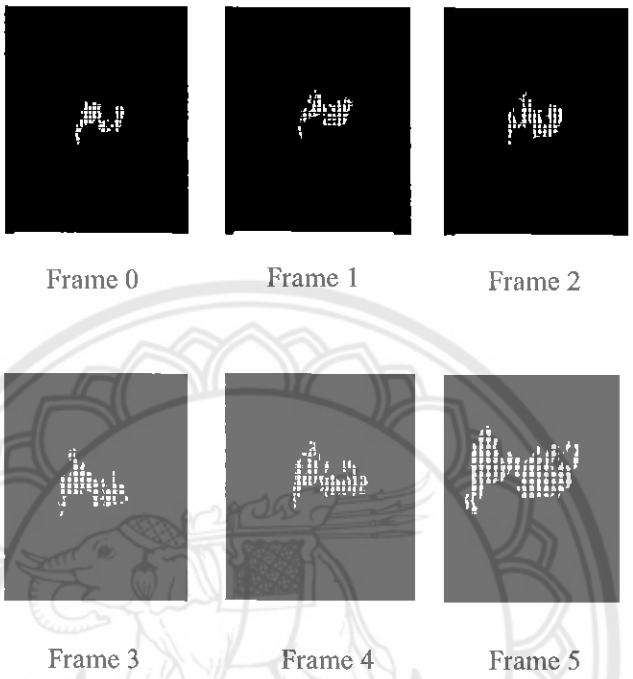
3.2.3.7 การกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise)

ทำการกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise) หรือส่วนเกินที่ไม่ใช่ไฟออก ซึ่งการกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise) หรือส่วนเกินนั้นแมทแลบสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น การใช้ bwopen หรือการโอเพนนิ่ง (Opening) โดยทำการย่อภาพ (Erosion) ก่อน และตามด้วยการขยายภาพ (Dilation) ซึ่ง แมทแลบมีคำสั่งให้ใช้อยู่แล้ว คือ imerode และ imdilate โดยผลของการกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise) หรือส่วนเกินบนภาพจะแสดงให้เห็นดังรูป 3.11



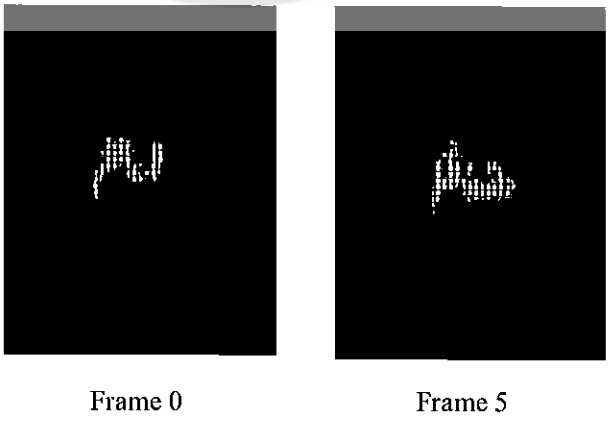
รูปที่ 3.11 ผลของการกำจัดส่วนเกินหรือสัญญาณรบกวน (Noise) บนเฟรมวิดีโอ

3.2.4 ขั้นตอน D ตรวจสอบว่าเฟรมที่ได้รับเข้ามามีระยะห่างกัน 5 เฟรมหรือไม่ เขียนเงื่อนไขในการตรวจสอบระยะห่างของเฟรม โดยการตรวจสอบให้มีระยะห่างกัน 5 เฟรม เพื่อนำเฟรมที่มีระยะห่างกัน 5 เฟรมนั้นไปพิจารณาในขั้นตอนต่อไป



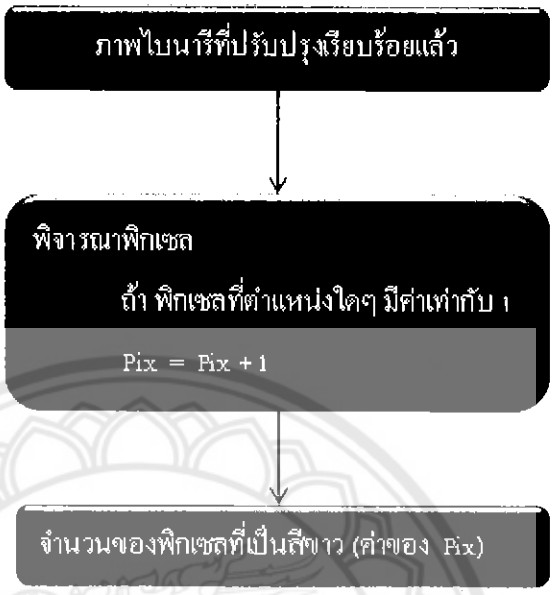
รูปที่ 3.12 แสดงภาพของเฟรมวิดีโอ

จากรูปที่ 3.12 เราจะนำ เฟรมที่ 0 และ เฟรมที่ 5 ไปพิจารณาในขั้นตอนต่อไป



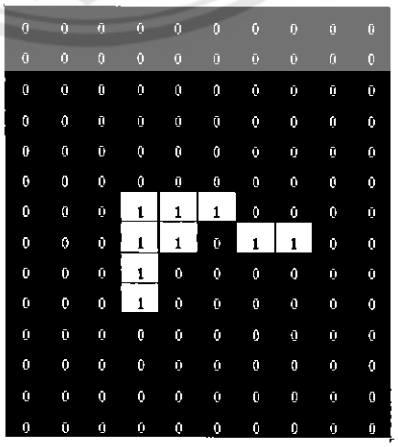
รูปที่ 3.13 แสดงภาพของเฟรมวิดีโอที่จะนำไปพิจารณา

3.2.5 ขั้นตอน E นับจำนวนพิกเซลที่เป็นสีขาว โดยขั้นตอนในการนับจำนวนพิกเซลที่เป็นสีขาวนี้มีรายละเอียดย่อย ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แสดงขั้นตอนการทำงานในการนับจำนวนพิกเซลที่เป็นสีขาว

อ้างอิงจากรูปที่ 3.14 สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้คือทำการนับจำนวนพิกเซลสีขาวของภาพที่แยกไฟออกจากพื้นหลังและถูกปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว โดยภาพนั้นจะเป็นภาพแบบไบนารี โดยการนับจะทำการนับแต่พิกเซลที่มีสีขาวหรือมีค่าเป็น 1 และนำจำนวนของพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 ไปใช้ในการเปรียบเทียบในขั้นตอนต่อไป



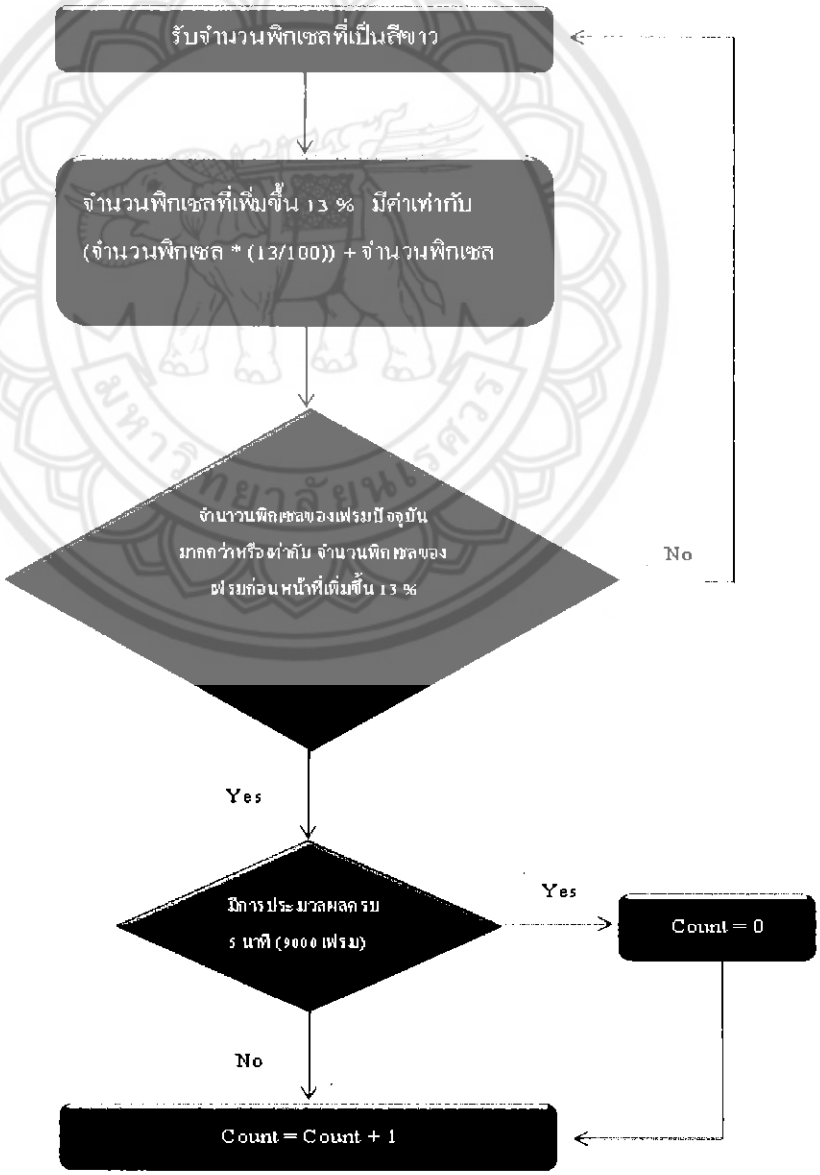
รูปที่ 3.15 ภาพไบนารีซึ่งเป็นภาพที่ได้จากการแยกส่วนของไฟออกจากพื้นหลัง

จากรูปที่ 3.15 เมื่อพิจารณาและนับจำนวนพิกเซลที่ตำแหน่งใดๆ ที่มีค่าเท่ากับ 1 จะได้จำนวนพิกเซลที่เป็น 1 เท่ากับ 9 พิกเซล

3.2.6 ขั้นตอน F จำนวนครั้งของการเติบโตของไฟต่อเนื่องกันเกิน 5 ครั้ง หรือไม่ เขียนเงื่อนไขเพื่อพิจารณาว่าเฟรมวิดีโอการเกิดอัคคีภัยที่ได้รับมาจากไฟล์วิดีโอ หรือวิดีโอจากกล้องเว็บแคม (Webcam) มีการเติบโตของไฟต่อเนื่องกันเกิน 5 ครั้งหรือไม่

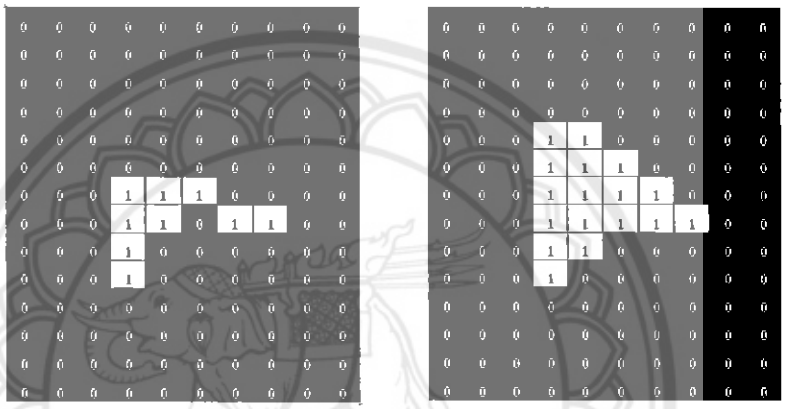
3.2.7 ขั้นตอน G เปรียบเทียบการเติบโตของไฟ

รูปแบบที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบในขั้นตอน F ถ้ามีการเติบโตของไฟน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 ครั้ง จะมาทำในขั้นตอน G โดยขั้นตอนในการเปรียบเทียบการเติบโตของไฟนี้มีรายละเอียดย่อย ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 แสดงขั้นตอนการทำงานในการเปรียบเทียบการเติบโตของไฟ

อ้างอิงจากรูปที่ 3.16 สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้คือทำการเปรียบเทียบการเติบโตของไฟโดยการรับจำนวนพิกเซลของพิกเซลที่เป็นสีขาวที่ได้จากขั้นตอน E มาใช้ในการเปรียบเทียบการเติบโตของไฟ โดยการเปรียบเทียบนั้นถ้าจำนวนพิกเซลของเฟรมปัจจุบันมากกว่าหรือเท่ากับจำนวนพิกเซลของเฟรมก่อนหน้าที่เพิ่มขึ้น 13 % ก็จะทำการตรวจสอบอีกว่าการประมวลผลครบ 5 นาที (9000 เฟรม) หรือยัง โดยถ้าครบ 5 นาที (9000 เฟรม) โปรแกรมจะเริ่มนับจำนวนครั้งของการเติบโตที่กล่าวมาในขั้นตอน F ใหม่ แต่ถ้ายังไม่ครบ 5 นาที (9000 เฟรม) จะทำการนับครั้งของการเติบโตของไฟต่อไปเรื่อยๆ ซึ่งสามารถพิจารณาได้จาก รูปที่ 3.17



Frame 0 Frame 5

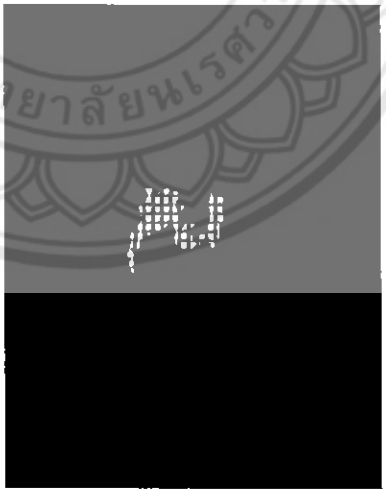
รูปที่ 3.17 แสดงภาพตัวอย่างในการเปรียบเทียบการเติบโต

จากรูป 3.17 ด้านซ้ายมือ เป็นภาพของเฟรมก่อนหน้า และเมื่อทำการนับจำนวนพิกเซลที่เป็นสีขาวตามขั้นตอน E จำนวนพิกเซลที่เป็นสีขาวจะเท่ากับ 9 พิกเซล จำนวนพิกเซลที่เพิ่มขึ้น 13 % จะหาได้จาก (9*(13/100))+9 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.17 ภาพด้านขาวมือ เป็นภาพของเฟรมปัจจุบันหรือเฟรมที่ได้รับเข้ามาใหม่ ซึ่งมีจำนวนพิกเซลที่เป็นสีขาวเท่ากับ 17 พิกเซล จำนวนพิกเซลที่เพิ่มขึ้น 13 % จะหาได้จาก (17*(13/100))+17 มีค่าเท่ากับ 19.21 ซึ่ง 19.21 จะนำไปใช้ในการเปรียบเทียบครั้งต่อไป ทำการเปรียบเทียบจำนวนพิกเซลของเฟรมปัจจุบันกับจำนวนพิกเซลของเฟรมก่อนหน้าที่เพิ่มขึ้น 13 % จะได้ 17 มากกว่า 10.17 โดย 17 คือพิกเซลในส่วนที่เป็นสีขาวของเฟรมปัจจุบัน ซึ่งมีค่ามากกว่าจำนวนพิกเซลที่เป็นสีขาวของเฟรมก่อนหน้าที่เพิ่มขึ้น 13 % ดังนั้นจะทำการนับครั้งของการเติบโตของไฟ

รูปแบบที่ 2 ในรูปแบบที่ 2 จะมีขั้นตอนคล้ายกับรูปแบบที่ 1 แต่จะมีส่วนที่แตกต่างไปจาก รูปแบบที่ 1 คือการนับจำนวนครั้งของการเติบโตของไฟเมื่อเกิดการเปรียบเทียบ โดยในรูปแบบที่ 2 นี้เมื่อทำการเปรียบเทียบแล้วถ้าจำนวนพิกเซลของเฟรมปัจจุบันมากกว่าหรือเท่ากับจำนวนพิกเซลของเฟรมก่อนหน้าที่เพิ่มขึ้น 13 % ก็จะทำการนับครั้งของการเติบโตของไฟต่อไปเรื่อยๆแต่ถ้าเมื่อทำการเปรียบเทียบแล้วถ้าจำนวนพิกเซลของเฟรมปัจจุบันน้อยกว่าจำนวนพิกเซลของเฟรมก่อนหน้าที่เพิ่มขึ้น 13 % จะทำการลดครั้งของการเติบโตของไฟลง 1 ครั้ง

3.2.8 ขั้นตอน H เรียกเสียงเตือนภัย เมื่อเปรียบเทียบในขั้นตอน F ถ้ามีการเติบโตของไฟต่อเนื่องกันมากกว่า 5 ครั้ง จะมาทำในครั้งตอน H เพื่อทำการเรียกเสียงเตือนภัย โดยในโปรแกรมแมทแลบจะมีคำสั่งในการเรียกไฟล์เสียง เช่น "AudioFileReader" "wavread" **เป็นต้น**

3.2.9 ขั้นตอน I ตีกรอบให้ส่วนที่เป็นไฟ ในโปรแกรมแมทแลบจะมีคำสั่ง "regionprops" เป็นคำสั่งที่ใช้ในการบอกคุณสมบัติต่างๆของกลุ่มพิกเซลหรือวัตถุในภาพ เช่น **พื้นที่ของแต่ละวัตถุ** (Area) จุดศูนย์กลางมวล(Centroid) พื้นที่สี่เหลี่ยมรอบวัตถุ(Bounding Box) **เป็นต้น ผู้จัดทำจึงได้ใช้ข้อมูลพื้นที่ของแต่ละวัตถุ**(Area) และสี่เหลี่ยมรอบวัตถุ (Bounding Box) **ในการตีกรอบให้กับส่วนที่เป็นไฟ**



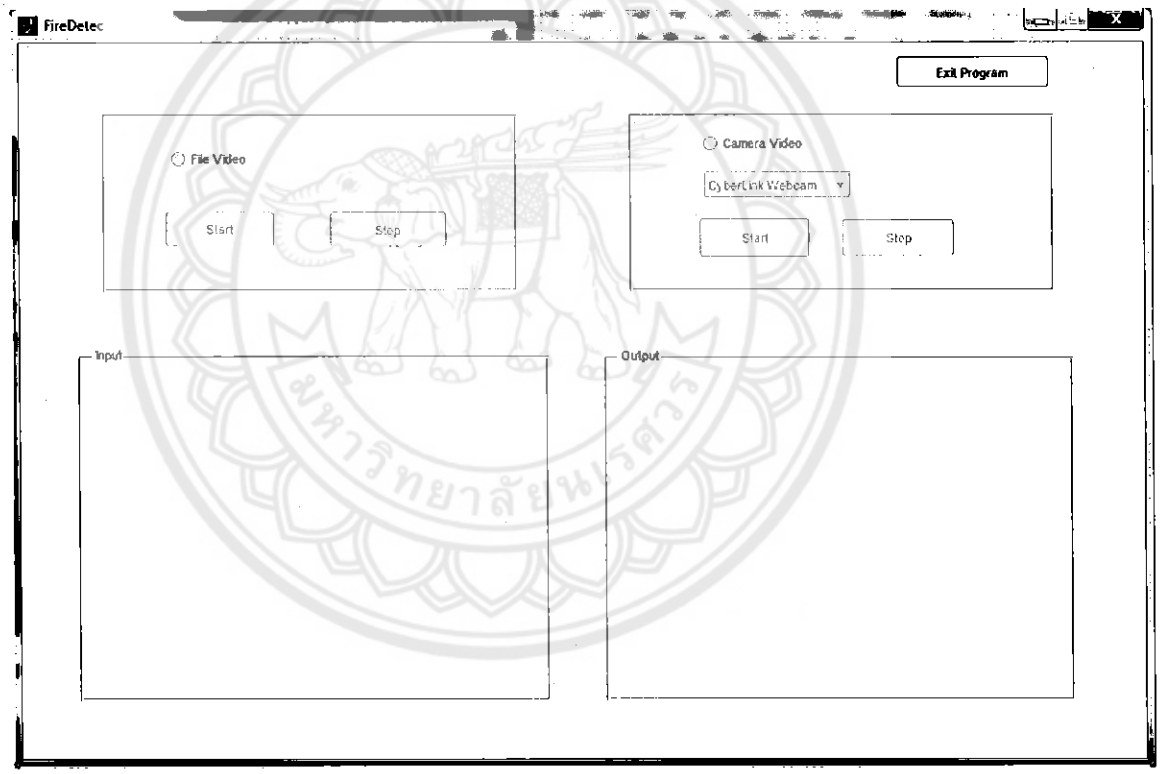
รูปที่ 3.18 แสดงภาพของเฟรมวิดีโอที่ถูกตีกรอบให้กับส่วนที่เป็นไฟ

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ส่วนของโปรแกรม

โปรแกรมในภาพเป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นมาจากแมทแลบ (MATLAB) โดยนำอัลกอริทึมและเทคนิคต่างๆมาประยุกต์เข้าด้วยกัน



รูปที่ 4.1 แสดงหน้าต่าง GUI ของโปรแกรม

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

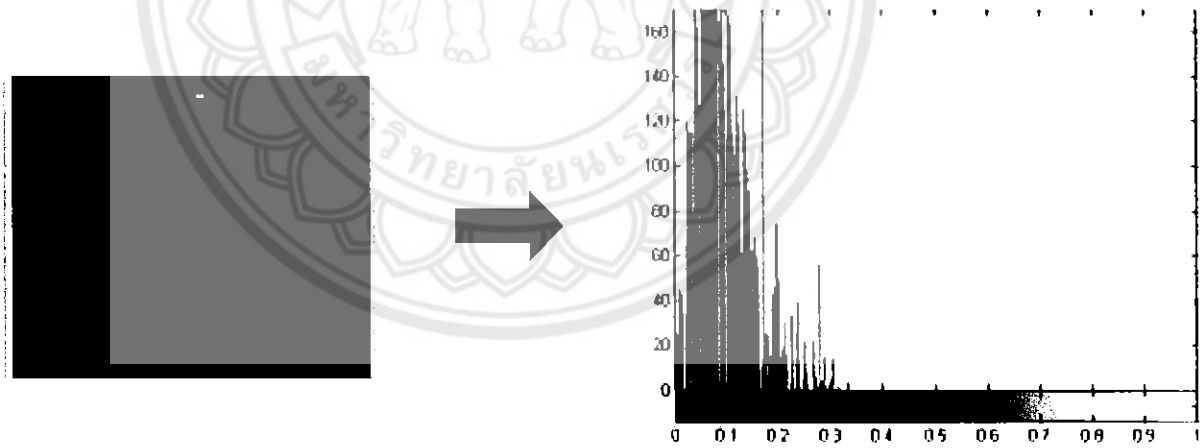
ในการประมวลผลนั้นแบ่งการทดลองได้เป็น 2 ส่วน คือส่วนของการแยกส่วนที่เป็นไฟออกจากพื้นหลังและส่วนของการแจ้งเตือน

ในการทดลองผู้จัดทำได้ทำการทดลองถ่ายวิดีโอจากกล้องเว็บแคม (Webcam) ที่มีความละเอียด 2 ล้านพิกเซล (1280 x 720) ชนิดไม่มีอินฟาเรด จากวิดีโอการเกิดอัคคีภัยที่ทดลองแยกส่วนของไฟออกจากพื้นหลังได้ผลการทดลองดังนี้

4.2.1 ผลการทดลองการแยกส่วนของไฟออกจากพื้นหลัง

ในการทดลองผู้จัดทำได้ใช้ระบบสี HSV และระบบสี YCbCr มาช่วยในการแยกส่วนของไฟออกจากพื้นหลัง โดยช่วงของค่าสี (Hue) ที่ใช้คือ 0.02 ถึง 0.30 ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) ที่ใช้คือ 0.20 ถึง 1.00 และค่าความสว่างของสี (Value) ที่ใช้คือ 0.98 ถึง 1.00

4.2.1.1 ช่วงของค่าสี (Hue)

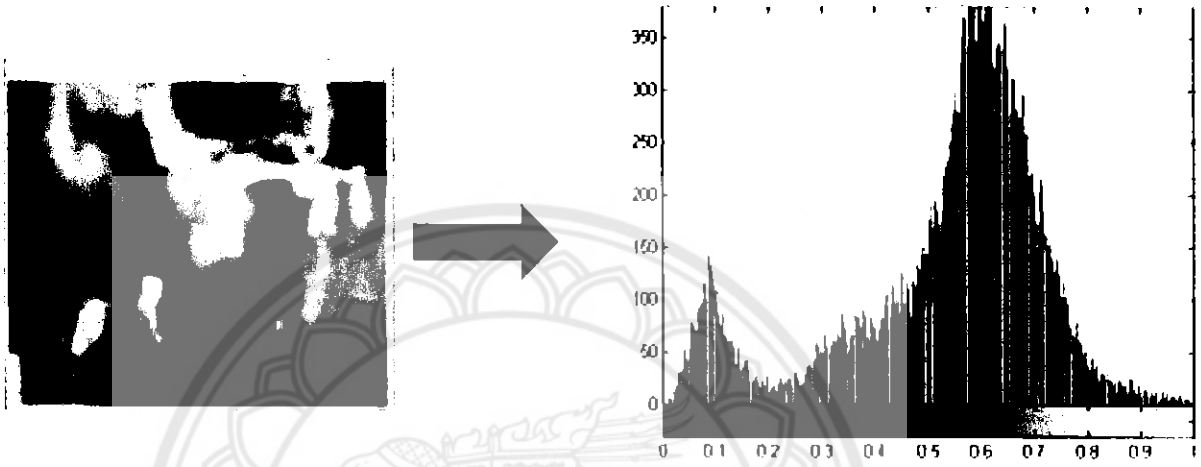


รูปที่ 4.2 (ก) ภาพแสดงระนาบของค่าสี (Hue)

(ข) กราฟฮิสโตแกรมแสดงระดับ Gray level ของระนาบค่าสี (Hue)

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.2 (ก) ควบคู่ไปกับกราฟฮิสโตแกรมในรูปที่ 4.2 (ข) จะเห็นได้ว่าส่วนของไฟค่าสี (Hue) จะอยู่ในช่วง 0 ถึง 0.30

4.2.1.2 ช่วงของค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation)

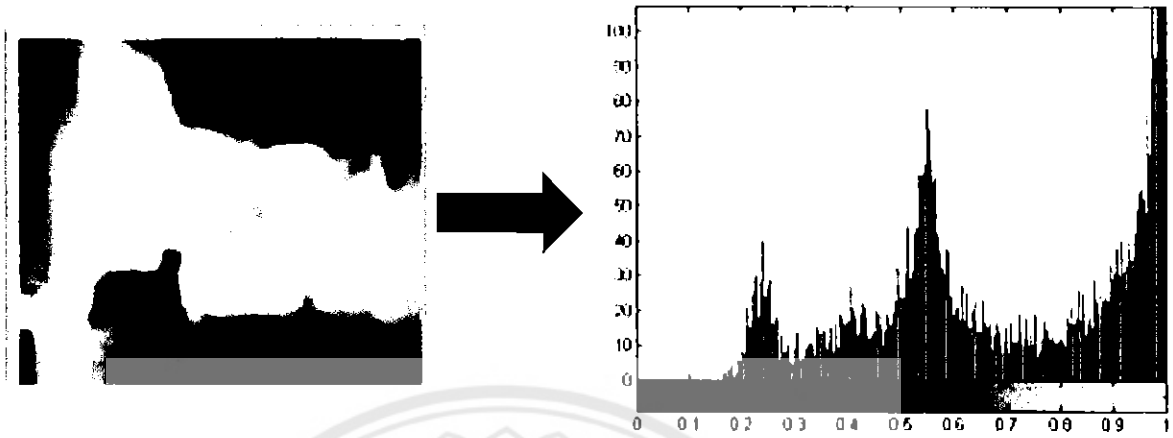


รูปที่ 4.3 (ก) ภาพแสดงระนาบของค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation)

(ข) กราฟฮิสโตแกรมแสดงระดับ Gray level ของระนาบความอิ่มตัวของสี (Saturation)

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.3 (ก) ควบคู่ไปกับกราฟฮิสโตแกรมในรูปที่ 4.3 (ข) จะเห็นได้ว่าส่วนของไฟค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) จะอยู่ในช่วง 0.20 ถึง 1.00

4.2.1.3 ช่วงของค่าความสว่างของสี (Value)

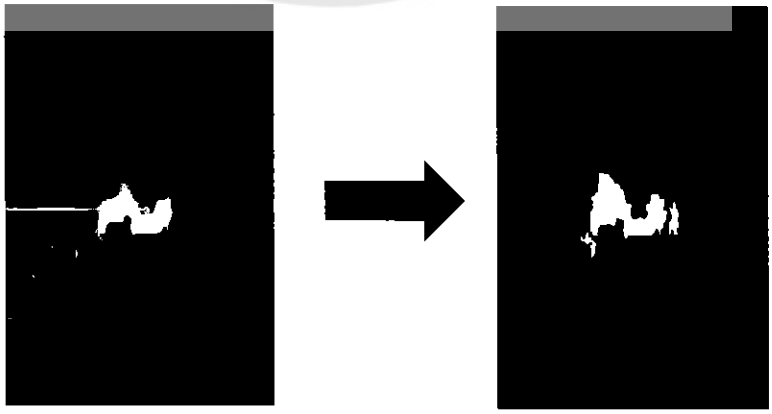


รูปที่ 4.4 (ก) ภาพแสดงระนาบของค่าความสว่างของสี (Value)

(ข) กราฟฮิสโตแกรมแสดงระดับ Gray level ของระนาบ ความสว่างของสี (Value)

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.4 (ก) ควบคู่ไปกับกราฟฮิสโตแกรมในรูปที่ 4.4 (ข) จะเห็นได้ว่าส่วนของไฟค่าความสว่างของสี (Value) จะอยู่ในช่วง 0.98 ถึง 1.00

จากการทดลองผลของการแยกส่วนของไฟออกจากพื้นหลัง แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงตัวอย่างผลการทดลองการแยกส่วนของไฟออกจากพื้นหลัง

ในการแยกส่วนของไฟออกจากพื้นหลังนั้นถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียกเสียงแจ้งเตือนภัย ผู้จัดทำจึงได้ทำการทดลองแยกส่วนของไฟออกจากพื้นหลัง ซึ่งวัดความถูกโดยใช้ภาพไบนารีมาทับซ้อนกับภาพสี RGB สามารถแบ่งออกได้ 4 กรณี [10] ดังนี้

1. True Positive (TP) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าจริง และคนบอกว่าจริง
2. True Negative (TN) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าไม่จริง และคนบอกว่าไม่จริง
3. False Positive (FP) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าจริง แต่คนบอกว่าไม่จริง
4. False Negative (FN) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าไม่จริง แต่คนบอกว่าจริง

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบคอนฟิวชั่นเมทริกซ์ (Confusion matrix) ได้ดังรูปที่ 4.6

Predicted class

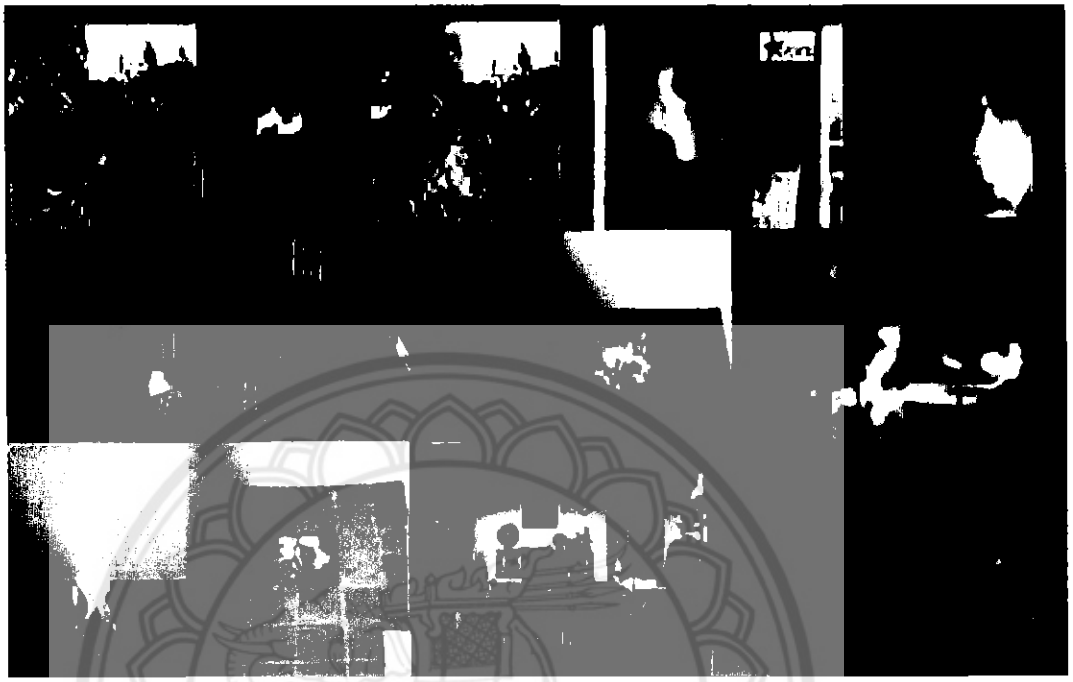
Actual class		Yes	No
	Yes	TP	FN
	No	FP	TN

รูปที่ 4.6 แสดงรูปแบบคอนฟิวชั่นเมทริกซ์ (Confusion matrix)

จากรูปแบบของคอนฟิวชั่นเมทริกซ์ (Confusion matrix) ในรูปที่ 4.6 สามารถคำนวณหาค่าความถูกต้องที่โปรแกรมสามารถทำได้ ได้จากสมการที่ 4.1

$$\text{ความถูกต้องของโปรแกรม} = (TP + TN) / (TP+TN+FP+TN) \qquad (4.1)$$

จากการทดลองผู้จัดทำได้ทำการทดลองกับภาพไฟจำนวน 100 ภาพ ซึ่งได้มาจากไฟล์วิดีโอที่มีการเกิดไฟไหม้ทั้งหมด 10 ไฟล์ จะได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 4.7 แสดงภาพของไฟที่เกิดการลุกไหม้

ตารางที่ 4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการประมวลผลภาพไฟที่เกิดการลุกไหม้

Actual class (%) \ Predicted class (%)	Yes	No
Yes	81.94	18.06
No	0.48	99.51

ดังนั้น ผลของการแยกส่วนที่เป็นไฟออกจากพื้นหลังกับภาพไฟจำนวน 100 ภาพ ซึ่งได้มาจากไฟล์วิดีโอที่มีการเกิดไฟไหม้ทั้งหมด 10 ไฟล์ ให้ค่าความถูกต้องถึง 90.73 %

จากการทดลองภาพที่ไม่ใช่ไฟไหม้ เช่น เสื้อ, เทียน, กระเป๋า และโต๊ะ ที่มีสีเหมือนไฟ จำนวน 100 ภาพจะได้ผลการทดลองดังนี้

รูปที่ 4.8 แสดงภาพที่มีลักษณะและสีเหมือนไฟ

ตารางที่ 4.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการประมวลผลภาพที่มีลักษณะและสีเหมือนไฟ

Actual class (%) \ Predicted class (%)	Yes	No
Yes	0	0
No	1.87	98.13

ดังนั้น ผลของการแยกส่วนที่เป็นไฟออกจากพื้นหลังกับภาพที่ไม่ใช่ไฟไหม้ เช่น เสื้อ, เทียน, กระเป๋า และโต๊ะ ที่มีสีเหมือนไฟ จำนวน 100 ภาพ ให้ค่าความถูกต้องถึง 98.13 %

4.2.2 ผลการทดลองในส่วนของการแจ้งเตือน โดยแยกตามชนิดของเชื้อเพลิง

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบการแจ้งเตือนของการเผาไหม้ของไม้

ระยะห่างของเซ็นเซอร์	จำนวนครั้งของการเปิดไฟของไฟ	เปอร์เซ็นต์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการเปิดไฟของไฟ	เวลาเฉลี่ยในการแจ้งเตือน (วินาที)
1	1	1	3.72
1	1	4	7.45
1	1	7	7.64
1	1	10	8.7
1	1	13	10.81
1	3	1	7.74
1	3	4	10.78
1	3	7	10.92
1	3	10	13.34
1	3	13	18.54
1	5	1	8.51
1	5	4	13.4
1	5	7	18.74
1	5	10	20.27
1	5	13	23.12
1	7	1	10.91
1	7	4	16.21
1	7	7	23.08
1	7	10	24.1
1	7	13	25.19
1	9	1	13.15

1	9	4	19.92
1	9	7	23.76
1	9	10	25.62
1	9	13	29.17
3	1	1	8.48
3	1	4	8.75
3	1	7	8.59
3	1	10	8.37
3	1	13	8.32
3	3	1	12.98
3	3	4	16.71
3	3	7	24.35
3	3	10	25.01
3	3	13	26.32
3	5	1	24.38
3	5	4	25.7
3	5	7	27.39
3	5	10	27.39
3	5	13	27.73
3	7	1	28.41
3	7	4	30.37
3	7	7	35.28
3	7	10	35.4
3	7	13	35.41
3	9	1	35.41
3	9	4	40.11

3	9	7	46.42
3	9	10	52.11
3	9	13	50.66
5	1	1	8.42
5	1	4	12.83
5	1	7	12.97
5	1	10	13.26
5	1	13	25.89
5	3	1	15.42
5	3	4	24.65
5	3	7	25.21
5	3	10	26.23
5	3	13	35.65
5	5	1	30.54
5	5	4	35.44
5	5	7	35.65
5	5	10	35.59
5	5	13	48.53
5	7	1	40.6
5	7	4	47.82
5	7	7	48.48
5	7	10	48.42
5	7	13	58.5
5	9	1	51.27
5	9	4	58.49
5	9	7	58.23

5	9	10	59.33
5	9	13	70.89
7	1	1	10.07
7	1	4	10.16
7	1	7	13.36
7	1	10	13.24
7	1	13	13.67
7	3	1	23.59
7	3	4	23.74
7	3	7	27.47
7	3	10	27.59
7	3	13	27.38
7	5	1	29.79
7	5	4	31.22
7	5	7	34.55
7	5	10	34.76
7	5	13	34.97
7	7	1	41.61
7	7	4	42.3
7	7	7	52.41
7	7	10	52.61
7	7	13	53.05
7	9	1	56.38
7	9	4	58.76
7	9	7	63.41
7	9	10	63.86

7	9	13	69.41
9	1	1	11.62
9	1	4	11.84
9	1	7	11.93
9	1	10	12.37
9	1	13	12.5
9	3	1	25.69
9	3	4	25.72
9	3	7	30.14
9	3	10	30.68
9	3	13	31.78
9	5	1	35.34
9	5	4	36.29
9	5	7	49.45
9	5	10	49.62
9	5	13	50.48
9	7	1	52.86
9	7	4	53.48
9	7	7	63.52
9	7	10	71.39
9	7	13	72.57
9	9	1	69.73
9	9	4	70.63
9	9	7	89.24
9	9	10	98.8
9	9	13	103.07

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบการแจ้งเตือนของการเผาไหม้ของเครื่องใช้ไฟฟ้า

ระยะห่างของเพรม	จำนวนครั้งของการเติบโตของไฟ	เปอร์เซ็นต์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการเติบโตของไฟ	เวลาเฉลี่ยในการแจ้งเตือน (วินาที)
1	1	1	12.33
1	1	4	12.36
1	1	7	12.43
1	1	10	12.5
1	1	13	12.53
1	3	1	15.31
1	3	4	15.46
1	3	7	15.86
1	3	10	15.92
1	3	13	15.96
1	5	1	17.44
1	5	4	17.49
1	5	7	17.58
1	5	10	17.64
1	5	13	17.89
1	7	1	20.26
1	7	4	20.53
1	7	7	20.77
1	7	10	20.87
1	7	13	21.04
1	9	1	22.44
1	9	4	22.65

1	9	7	22.7
1	9	10	22.75
1	9	13	23.34
3	1	1	13.35
3	1	4	13.7
3	1	7	13.82
3	1	10	13.84
3	1	13	13.93
3	3	1	17.15
3	3	4	17.34
3	3	7	17.56
3	3	10	17.76
3	3	13	17.85
3	5	1	22.2
3	5	4	22.29
3	5	7	22.31
3	5	10	24.47
3	5	13	24.95
3	7	1	26.75
3	7	4	26.94
3	7	7	27.06
3	7	10	29.3
3	7	13	29.61
3	9	1	32.55
3	9	4	33.05
3	9	7	33.38

3	9	10	36.36
3	9	13	36.79
5	1	1	20.8
5	1	4	21.12
5	1	7	21.29
5	1	10	21.56
5	1	13	21.95
5	3	1	28.65
5	3	4	28.77
5	3	7	29.06
5	3	10	29.21
5	3	13	29.61
5	5	1	34.45
5	5	4	34.71
5	5	7	35.25
5	5	10	35.59
5	5	13	35.81
5	7	1	43.91
5	7	4	44.73
5	7	7	44.86
5	7	10	45.08
5	7	13	45.17
5	9	1	52.78
5	9	4	53.09
5	9	7	53.59
5	9	10	54.04

5	9	13	54.52
7	1	1	23.18
7	1	4	23
7	1	7	23.53
7	1	10	24.04
7	1	13	24.24
7	3	1	44.64
7	3	4	44.84
7	3	7	45.03
7	3	10	45.35
7	3	13	45.65
7	5	1	59
7	5	4	59.5
7	5	7	59.6
7	5	10	60.6
7	5	13	60.84
7	7	1	69.98
7	7	4	70.5
7	7	7	70.75
7	7	10	71
7	7	13	71.5
7	9	1	82.44
7	9	4	82.8
7	9	7	87.33
7	9	10	88.69
7	9	13	90.66

9	1	1	26.02
9	1	4	26.21
9	1	7	26.49
9	1	10	26.74
9	1	13	27.31
9	3	1	44.07
9	3	4	44.71
9	3	7	44.95
9	3	10	45.2
9	3	13	45.71
9	5	1	63.31
9	5	4	64.11
9	5	7	64.66
9	5	10	64.92
9	5	13	65.22
9	7	1	78.67
9	7	4	79.12
9	7	7	79.68
9	7	10	80.26
9	7	13	87.4
9	9	1	90.12
9	9	4	90.7
9	9	7	91.44
9	9	10	94.43
9	9	13	105.55

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบการแจ้งเตือนของการเผาไหม้ของโซฟาเวลากลางคืน

ระยะห่างของเฟรม	จำนวนครั้งของการเติบโตของไฟ	เปอร์เซ็นต์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการเติบโตของไฟ	เวลาเฉลี่ยในการแจ้งเตือน (วินาที)
1	1	1	23.46
1	1	4	23.89
1	1	7	24.12
1	1	10	24.65
1	1	13	25.09
1	3	1	25.19
1	3	4	25.5
1	3	7	25.81
1	3	10	26
1	3	13	26.48
1	5	1	26.62
1	5	4	26.78
1	5	7	26.9
1	5	10	27.01
1	5	13	27.1
1	7	1	28.26
1	7	4	28.49
1	7	7	28.55
1	7	10	28.72
1	7	13	28.94
1	9	1	29.19
1	9	4	29.42

1	9	7	29.45
1	9	10	29.53
1	9	13	30.26
3	1	1	22.58
3	1	4	22.74
3	1	7	22.78
3	1	10	22.92
3	1	13	23.02
3	3	1	25.23
3	3	4	25.72
3	3	7	25.75
3	3	10	25.93
3	3	13	32.35
3	5	1	32.2
3	5	4	32.49
3	5	7	32.62
3	5	10	33.48
3	5	13	36.9
3	7	1	36.65
3	7	4	37.42
3	7	7	37.56
3	7	10	38.88
3	7	13	42.27
3	9	1	42.18
3	9	4	42.31
3	9	7	42.39

3	9	10	44.53
3	9	13	45.39
5	1	1	24.24
5	1	4	24.4
5	1	7	24.63
5	1	10	24.71
5	1	13	24.84
5	3	1	34.85
5	3	4	35.02
5	3	7	31.84
5	3	10	35.82
5	3	13	36.11
5	5	1	47.36
5	5	4	47.54
5	5	7	47.87
5	5	10	49.18
5	5	13	50.18
5	7	1	63.17
5	7	4	63.2
5	7	7	63.25
5	7	10	63.68
5	7	13	63.71
5	9	1	67.1
5	9	4	67.24
5	9	7	67.84
5	9	10	68.17

5	9	13	68.42
7	1	1	36.03
7	1	4	36.47
7	1	7	36.7
7	1	10	36.75
7	1	13	36.93
7	3	1	44.62
7	3	4	44.79
7	3	7	45.22
7	3	10	45.67
7	3	13	45.85
7	5	1	54.39
7	5	4	54.66
7	5	7	54.69
7	5	10	54.85
7	5	13	54.95
7	7	1	62.14
7	7	4	63.56
7	7	7	65.49
7	7	10	65.96
7	7	13	66.64
7	9	1	71.84
7	9	4	72.25
7	9	7	72.84
7	9	10	73.19
7	9	13	74.57

9	1	1	26.58
9	1	4	26.68
9	1	7	26.72
9	1	10	27.81
9	1	13	27.94
9	3	1	38.73
9	3	4	39.08
9	3	7	39.65
9	3	10	45.27
9	3	13	45.77
9	5	1	58.02
9	5	4	59.58
9	5	7	59.84
9	5	10	63.72
9	5	13	64.55
9	7	1	71.75
9	7	4	74.04
9	7	7	78
9	7	10	79.62
9	7	13	81.05
9	9	1	80.96
9	9	4	81.14
9	9	7	87.38
9	9	10	91.33
9	9	13	92.84

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบการแจ้งเตือนของการเผาไหม้ของกระดาษ

ระยะห่างของเฟรม	จำนวนครั้งของการเติบโตของไฟ	เปอร์เซ็นต์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการเติบโตของไฟ	ค่าเฉลี่ยในการแจ้งเตือน (มิลลิวินาที)
1	1	1	61.14
1	1	4	61.42
1	1	7	61.82
1	1	10	61.87
1	1	13	62.61
1	3	1	62.15
1	3	4	62.36
1	3	7	62.63
1	3	10	64.86
1	3	13	65.01
1	5	1	64.02
1	5	4	64.7
1	5	7	65.6
1	5	10	65.92
1	5	13	66.35
1	7	1	64.12
1	7	4	65.27
1	7	7	65.56
1	7	10	66.2
1	7	13	66.94
1	9	1	65.57
1	9	4	67.52

1	9	7	67.63
1	9	10	68.02
1	9	13	69.41
3	1	1	60.53
3	1	4	60.9
3	1	7	61.03
3	1	10	61.15
3	1	13	61.46
3	3	1	67.72
3	3	4	67.87
3	3	7	67.97
3	3	10	68.13
3	3	13	68.24
3	5	1	69.58
3	5	4	69.81
3	5	7	69.9
3	5	10	70.01
3	5	13	71.53
3	7	1	73.04
3	7	4	73.87
3	7	7	74.02
3	7	10	74.18
3	7	13	74.27
3	9	1	78.22
3	9	4	78.31
3	9	7	78.79

3	9	10	78.91
3	9	13	62.48
5	1	1	63.41
5	1	4	64.02
5	1	7	64.37
5	1	10	64.44
5	1	13	64.92
5	3	1	69.91
5	3	4	70.26
5	3	7	70.31
5	3	10	73.73
5	3	13	74.03
5	5	1	73.7
5	5	4	74.14
5	5	7	76.74
5	5	10	82.37
5	5	13	82.81
5	7	1	81.69
5	7	4	81.93
5	7	7	83.96
5	7	10	88.45
5	7	13	88.97
5	9	1	87.56
5	9	4	88.1
5	9	7	90.48
5	9	10	93.34

5	9	13	94.43
7	1	1	65.2
7	1	4	65.93
7	1	7	66.21
7	1	10	66.84
7	1	13	66.93
7	3	1	79.8
7	3	4	76.89
7	3	7	80.75
7	3	10	81.31
7	3	13	81.62
7	5	1	84.55
7	5	4	85.45
7	5	7	88.22
7	5	10	88.65
7	5	13	89.12
7	7	1	90.97
7	7	4	91.41
7	7	7	93.53
7	7	10	94.01
7	7	13	94.45
7	9	1	96.42
7	9	4	96.75
7	9	7	101.77
7	9	10	102.81
7	9	13	103.02

9	1	1	65.52
9	1	4	66.33
9	1	7	66.95
9	1	10	67.31
9	1	13	67.66
9	3	1	73.61
9	3	4	74.06
9	3	7	64
9	3	10	74.93
9	3	13	75.16
9	5	1	87.61
9	5	4	87.92
9	5	7	88.33
9	5	10	88.67
9	5	13	89.12
9	7	1	94.06
9	7	4	94.35
9	7	7	95.24
9	7	10	96.15
9	7	13	97.04
9	9	1	102.49
9	9	4	102.87
9	9	7	103.54
9	9	10	103.91
9	9	13	105.45

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบการแจ้งเตือนของการเผาไหม้ของพลาสติก

ระยะทางของเฟรม (เซนติเมตร)	จำนวนครั้งของการเติบโตของไฟ	เปอร์เซ็นต์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการเติบโตของไฟ	เวลาเฉลี่ยในการแจ้งเตือน (วินาที)
1	1	1	16.31
1	1	4	16.47
1	1	7	16.58
1	1	10	16.63
1	1	13	16.85
1	3	1	17.44
1	3	4	17.64
1	3	7	17.83
1	3	10	17.94
1	3	13	18.13
1	5	1	18.87
1	5	4	19.24
1	5	7	19.53
1	5	10	19.77
1	5	13	19.89
1	7	1	21.78
1	7	4	22.05
1	7	7	22.24
1	7	10	22.39
1	7	13	22.77
1	9	1	25.24
1	9	4	25.46

1	9	7	25.66
1	9	10	25.76
1	9	13	25.92
3	1	1	17.26
3	1	4	17.6
3	1	7	17.83
3	1	10	17.94
3	1	13	18.06
3	3	1	24.36
3	3	4	24.76
3	3	7	24.94
3	3	10	25.23
3	3	13	25.54
3	5	1	30.92
3	5	4	31.01
3	5	7	31.21
3	5	10	31.65
3	5	13	31.83
3	7	1	42.87
3	7	4	42.97
3	7	7	43.16
3	7	10	43.25
3	7	13	43.45
3	9	1	47.51
3	9	4	47.94
3	9	7	48.06

3	9	10	48.23
3	9	13	48.64
5	1	1	25.43
5	1	4	25.75
5	1	7	25.93
5	1	10	26.06
5	1	13	26.25
5	3	1	32.67
5	3	4	32.85
5	3	7	33.26
5	3	10	33.63
5	3	13	33.82
5	5	1	40.25
5	5	4	40.66
5	5	7	40.9
5	5	10	41.24
5	5	13	44.82
5	7	1	48.76
5	7	4	49.06
5	7	7	49.32
5	7	10	49.46
5	7	13	49.85
5	9	1	51.7
5	9	4	52.32
5	9	7	52.83
5	9	10	53.05

5	9	13	57.77
7	1	1	31.53
7	1	4	31.78
7	1	7	31.96
7	1	10	32.45
7	1	13	32.83
7	3	1	47.58
7	3	4	48.4
7	3	7	48.73
7	3	10	48.9
7	3	13	49.86
7	5	1	55.54
7	5	4	56.61
7	5	7	56.92
7	5	10	57.13
7	5	13	57.54
7	7	1	64.17
7	7	4	64.31
7	7	7	64.66
7	7	10	64.94
7	7	13	68.4
7	9	1	72.11
7	9	4	72.53
7	9	7	72.85
7	9	10	72.96
7	9	13	104.91

9	1	1	21.33
9	1	4	21.87
9	1	7	22.15
9	1	10	22.44
9	1	13	22.95
9	3	1	44.51
9	3	4	44.84
9	3	7	45.14
9	3	10	45.4
9	3	13	45.76
9	5	1	53.91
9	5	4	54.09
9	5	7	54.62
9	5	10	55.9
9	5	13	56.02
9	7	1	62.62
9	7	4	63.73
9	7	7	64.12
9	7	10	61.18
9	7	13	65.34
9	9	1	72.16
9	9	4	73.26
9	9	7	73.97
9	9	10	74.87
9	9	13	75.09

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดสอบการแจ้งเตือนของเสื้อสีส้ม

ระยะห่างของเฟรม	จำนวนครั้งของการเต้นไต่ของไฟ	เปอร์เซ็นต์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการเต้นไต่ของไฟ	การแจ้งเตือน
1	1	1	แจ้งเตือน
1	1	4	แจ้งเตือน
1	1	7	แจ้งเตือน
1	1	10	แจ้งเตือน
1	1	13	แจ้งเตือน
1	3	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	3	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	3	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	3	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	3	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	5	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	5	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	5	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	5	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	5	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	7	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	7	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	7	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	7	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	7	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	9	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	9	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	9	7	ไม่มีการแจ้งเตือน

1	9	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	9	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	1	1	แจ้งเตือน
3	1	4	แจ้งเตือน
3	1	7	แจ้งเตือน
3	1	10	แจ้งเตือน
3	1	13	แจ้งเตือน
3	3	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	3	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	3	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	3	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	3	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	5	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	5	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	5	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	5	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	5	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	7	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	7	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	7	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	7	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	7	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	9	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	9	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	9	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	9	10	ไม่มีการแจ้งเตือน

3	9	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	1	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	1	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	1	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	1	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	1	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	3	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	3	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	3	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	3	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	3	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	5	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	5	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	5	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	5	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	5	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	7	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	7	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	7	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	7	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	7	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	9	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	9	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	9	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	9	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	9	13	ไม่มีการแจ้งเตือน

7	1	1	แจ้งเตือน
7	1	4	แจ้งเตือน
7	1	7	แจ้งเตือน
7	1	10	แจ้งเตือน
7	1	13	แจ้งเตือน
7	3	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	3	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	3	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	3	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	3	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	5	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	5	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	5	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	5	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	5	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	7	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	7	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	7	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	7	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	7	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	9	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	9	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	9	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	9	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	9	13	ไม่มีการแจ้งเตือน

9	1	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	1	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	1	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	1	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	1	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	3	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	3	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	3	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	3	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	3	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	5	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	5	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	5	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	5	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	5	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	7	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	7	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	7	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	7	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	7	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	9	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	9	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	9	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	9	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	9	13	ไม่มีการแจ้งเตือน

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดสอบการแจ้งเตือนของเสื้อสีส้มและสีเหลือง

ระยะห่างของเฟรม	จำนวนครั้งของการเคลื่อนที่ของไฟ	เปอร์เซ็นต์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของไฟ	การแจ้งเตือน
1	1	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	1	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	1	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	1	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	1	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	3	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	3	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	3	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	3	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	3	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	5	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	5	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	5	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	5	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	5	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	7	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	7	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	7	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	7	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	7	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	9	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	9	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	9	7	ไม่มีการแจ้งเตือน

1	9	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	9	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	1	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	1	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	1	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	1	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	1	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	3	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	3	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	3	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	3	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	3	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	5	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	5	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	5	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	5	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	5	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	7	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	7	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	7	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	7	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	7	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	9	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	9	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	9	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	9	10	ไม่มีการแจ้งเตือน

3	9	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	1	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	1	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	1	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	1	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	1	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	3	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	3	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	3	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	3	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	3	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	5	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	5	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	5	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	5	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	5	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	7	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	7	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	7	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	7	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	7	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	9	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	9	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	9	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	9	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	9	13	ไม่มีการแจ้งเตือน

7	1	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	1	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	1	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	1	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	1	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	3	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	3	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	3	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	3	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	3	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	5	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	5	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	5	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	5	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	5	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	7	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	7	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	7	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	7	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	7	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	9	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	9	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	9	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	9	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	9	13	ไม่มีการแจ้งเตือน

9	1	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	1	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	1	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	1	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	1	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	3	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	3	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	3	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	3	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	3	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	5	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	5	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	5	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	5	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	5	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	7	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	7	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	7	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	7	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	7	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	9	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	9	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	9	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	9	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	9	13	ไม่มีการแจ้งเตือน

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดสอบการแจ้งเตือนของเทียน

ระยะห่างของเฟรม	จำนวนครั้งของการเติบโตของไฟ	เปอร์เซ็นต์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการเติบโตของไฟ	การแจ้งเตือน
1	1	1	แจ้งเตือน
1	1	4	แจ้งเตือน
1	1	7	แจ้งเตือน
1	1	10	แจ้งเตือน
1	1	13	แจ้งเตือน
1	3	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	3	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	3	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	3	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	3	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	5	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	5	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	5	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	5	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	5	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	7	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	7	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	7	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	7	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	7	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	9	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	9	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	9	7	ไม่มีการแจ้งเตือน

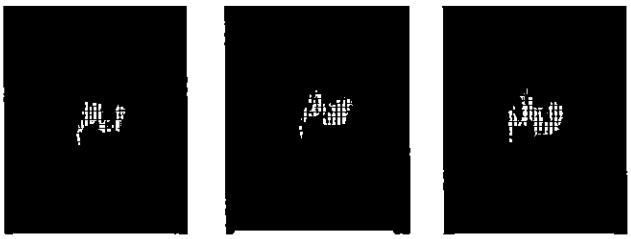
1	9	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
1	9	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	1	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	1	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	1	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	1	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	1	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	3	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	3	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	3	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	3	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	3	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	5	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	5	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	5	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	5	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	5	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	7	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	7	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	7	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	7	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	7	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	9	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	9	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	9	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
3	9	10	ไม่มีการแจ้งเตือน

3	9	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	1	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	1	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	1	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	1	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	1	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	3	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	3	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	3	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	3	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	3	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	5	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	5	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	5	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	5	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	5	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	7	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	7	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	7	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	7	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	7	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	9	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	9	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	9	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	9	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
5	9	13	ไม่มีการแจ้งเตือน

7	1	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	1	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	1	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	1	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	1	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	3	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	3	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	3	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	3	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	3	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	5	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	5	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	5	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	5	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	5	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	7	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	7	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	7	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	7	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	7	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	9	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	9	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	9	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	9	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
7	9	13	ไม่มีการแจ้งเตือน

9	1	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	1	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	1	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	1	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	1	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	3	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	3	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	3	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	3	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	3	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	5	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	5	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	5	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	5	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	5	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	7	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	7	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	7	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	7	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	7	13	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	9	1	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	9	4	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	9	7	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	9	10	ไม่มีการแจ้งเตือน
9	9	13	ไม่มีการแจ้งเตือน

ระยะห่างของเฟรม สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4.9



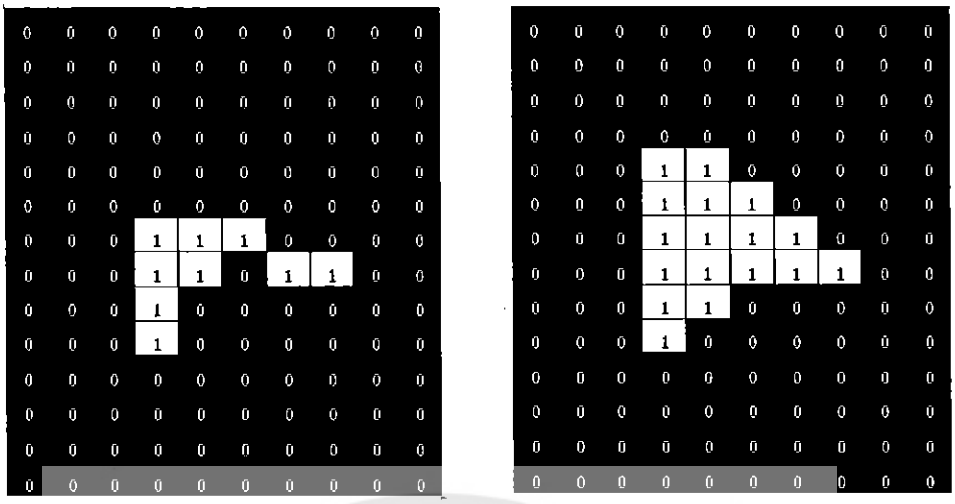
Frame 0 Frame 1 Frame 2

Frame 3 Frame 4 Frame 5

รูปที่ 4.9 แสดงภาพของเฟรมวิดีโอ

พิจารณาจากรูปที่ 4.9 จะเห็นว่าจากเฟรมที่ 0 ถึง เฟรมที่ 5 ระยะห่างของเฟรมนั้นมีค่าเท่ากับ 5 เฟรม

จำนวนครั้งของการเติบโตของไฟ คือ การพิจารณาว่าเฟรมวิดีโอที่มีการเกิดอัคคีภัยที่ได้รับเข้ามาจากไฟล์วิดีโอ หรือวิดีโอจากกล้องเว็บแคม (Webcam) ในรูปแบบการรับภาพวิดีโอแล้วนำไปประมวลผลแบบทันที (Real Time) มีจำนวนพิกเซลในส่วนที่เป็นไฟ มากกว่าหรือเท่ากับเฟรมก่อนหน้าหรือไม่ ถ้าเฟรมที่ได้รับเข้ามามีจำนวนพิกเซลในส่วนที่เป็นไฟมากกว่าหรือเท่ากับเฟรมก่อนหน้า จะถือว่าจำนวนครั้งของการเติบโตของไฟนั้นเท่ากับ 1 ครั้ง



(ก) (ข)

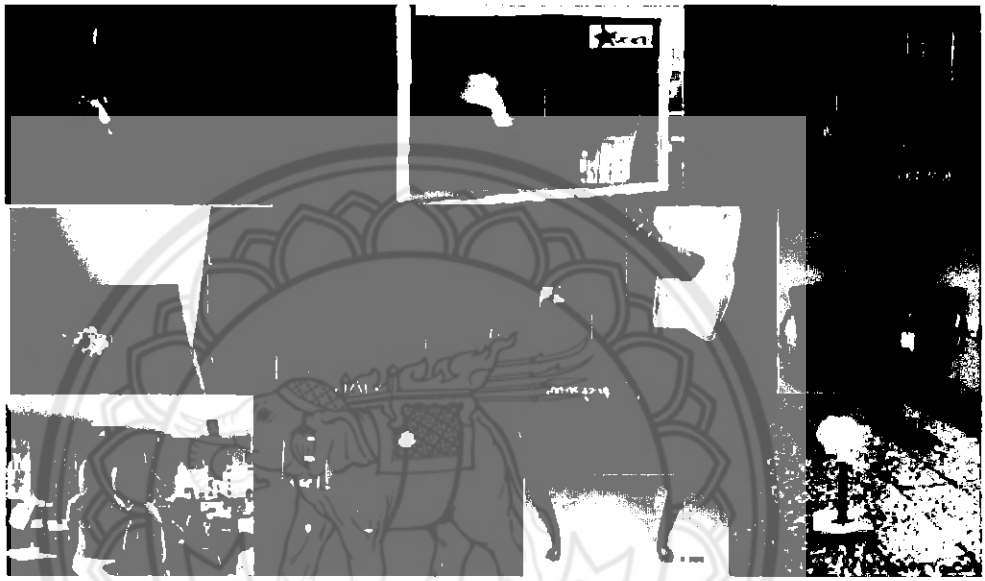
รูปที่ 4.10 (ก) แสดงตัวอย่างเฟรมก่อนหน้า

(ข) แสดงตัวอย่างเฟรมใหม่ที่รับเข้ามา

จากรูปที่ 4.10 (ก) และ(ข) จะเห็นได้ว่าเฟรมใหม่ที่รับเข้ามานั้นมีจำนวนพิกเซลที่เป็นสีขาวมากกว่า จำนวนพิกเซลที่เป็นสีขาวของเฟรมก่อนหน้า ดังนั้นจำนวนครั้งของการเติบโตของไฟมีค่าเท่ากับ 1 ครั้ง

เปอร์เซ็นต์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการเติบโตของไฟ คือ เปอร์เซ็นต์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างเฟรมปัจจุบันและเฟรมก่อนหน้า ว่าเฟรมปัจจุบันที่รับเข้ามานั้นมีจำนวนพิกเซลที่เป็นสีขาวมากกว่าหรือเท่ากับจำนวนพิกเซลของเฟรมก่อนหน้าที่เพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งอ้างอิงได้จาก บทที่ 3 ในขั้นตอน G

จากการทดลองในส่วนของการแจ้งเตือน ที่มีระยะห่างของเฟรมเท่ากับ 5 เฟรม จำนวนครั้งของการเติบโตต่อเนื่องกันเกิน 5 ครั้ง และเปอร์เซ็นต์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการเติบโตของไฟเท่ากับ 13 เปอร์เซ็นต์ กับวิดีโอจำนวน 60 ไฟล์ โดยใช้รูปแบบการเปรียบเทียบคือรูปแบบที่ 1 ซึ่งอ้างอิงจากขั้นตอนการเปรียบเทียบในบทที่ 3 สามารถวัดความถูกต้อง และเขียนให้อยู่ในรูปแบบคอนฟิวชั่นเมทริกซ์ (Confusion matrix) ได้ดังนี้



รูปที่ 4.11 แสดงตัวอย่างเฟรมวิดีโอ

ตารางที่ 4.11 แสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในส่วนของการแจ้งเตือน

		Predicted class (%)	
		Yes	No
Actual class (%)	Yes	100	0
	No	6.67	93.33

ดังนั้น ผลของการแจ้งเตือนโดยใช้รูปแบบการเปรียบเทียบรูปแบบที่ 1 ซึ่งอ้างอิงจากขั้นตอนการเปรียบเทียบในบทที่ 3 ให้ค่าความถูกต้องถึง 96.67 %

จากการทดลองในส่วนของการแจ้งเตือน ที่มีระยะห่างของเฟรมเท่ากับ 5 เฟรม จำนวนครั้งของการเติบโตต่อเนื่องกันเกิน 5 ครั้ง และเปอร์เซ็นต์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการเติบโตของไฟเท่ากับ 13 เปอร์เซ็นต์ กับวิดีโอจำนวน 60 ไฟล์ โดยใช้รูปแบบการเปรียบเทียบคือรูปแบบที่ 2 ซึ่งอ้างอิงจากขั้นตอนการเปรียบเทียบในบทที่ 3 สามารถวัดความถูกต้อง และเขียนให้อยู่ในรูปแบบคอนฟิวชั่นเมทริกซ์ (Confusion matrix) ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.12 แสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในส่วนของการแจ้งเตือน

Actual class (%) \ Predicted class (%)	Yes	No
Yes	60	40
No	3.33	96.67

ดังนั้น ผลของการแจ้งเตือนโดยใช้รูปแบบการเปรียบเทียบรูปแบบที่ 2 ซึ่งอ้างอิงจากขั้นตอนการเปรียบเทียบในบทที่ 3 ให้ค่าความถูกต้องถึง 78.34 %

จากการทดลองพบได้ว่าเมื่อให้โปรแกรมมีระยะห่างของเฟรมวิดีโอเท่ากับ 5 เฟรม จำนวนครั้งของการเติบโตของไฟต่อเนื่องกันเกิน 5 ครั้ง และเปอร์เซ็นต์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการเติบโตของไฟเท่ากับ 13 เปอร์เซ็นต์ โดยรูปแบบการเปรียบเทียบรูปแบบที่ 1 ซึ่งอ้างอิงจากขั้นตอนการเปรียบเทียบในบทที่ 3 ให้ค่าความถูกต้องในการแจ้งเตือนถึง 96.67 % และในรูปแบบการเปรียบเทียบรูปแบบที่ 2 ให้ค่าความถูกต้องในการแจ้งเตือนถึง 78.34 % เราจึงเลือกใช้การเปรียบเทียบรูปแบบที่ 1 เนื่องจากการเปรียบเทียบรูปแบบที่ 1 นั้นสามารถแก้ไขในส่วนที่เป็นวิดีโอที่ไม่ใช่ไฟไหม้แต่มีวัตถุที่มีสีคล้ายสีของไฟอยู่ภายในเฟรมได้ไม่ต่างจากในรูปแบบที่ 2 และในส่วนการแจ้งเตือนกับวิดีโอที่มีการเกิดไฟไหม้จริงการเปรียบเทียบรูปแบบที่ 1 จะมีระยะเวลาของการแจ้งเตือนไม่เกิน 2 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่สามารถควบคุมเพื่อลดความรุนแรง และดำเนินการจัดการได้อย่างทันท่วงทีเมื่อเกิดไฟไหม้ แต่การเปรียบเทียบรูปแบบที่ 2 จะเกิดข้อผิดพลาดในส่วนของไม่มีการแจ้งเตือนเมื่อเกิดไฟไหม้จริง หรือถ้ามีการแจ้งเตือนก็จะแจ้งเตือนล่าช้า ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ไม่สามารถควบคุมเพื่อลดความรุนแรงได้

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

เนื่องจากโครงงานนี้ใช้ความรู้เรื่องการประมวลผลกับเฟรมวิดีโอเป็นหลัก ทำให้โปรแกรมค่อนข้างมีข้อจำกัด และสิ่งที่ส่งผลต่อการทำงานของโปรแกรมอย่างมากก็คือ วิดีโอที่ได้จากไฟล์วิดีโอหรือกล้องเว็บแคม (Webcam)โดยวิดีโอที่จะนำมาประมวลผลนั้นควรเป็นวิดีโอที่มีความคมชัด และความสว่างที่เหมาะสม

ในการทดลองผู้จัดทำได้เน้นการทดลองในส่วนของการตรวจจับไฟเป็นหลัก โดยได้ทำการทดลองกับเฟรมวิดีโอที่มีการเกิดไฟไหม้ และเฟรมวิดีโอที่ไม่มีการเกิดไฟไหม้แต่มีวัตถุที่มีสีคล้ายกับสีของไฟอยู่ภายในเฟรมวิดีโอนั้น โดยการใช้ระบบสี HSV และระบบสี YCbCr ซึ่งผลที่ได้คือ เมื่อนำเฟรมวิดีโอที่มีการเกิดไฟไหม้มาทำการประมวลผลก็จะได้ส่วนของไฟแยกออกมาเป็นภาพไบนารี แต่ก็มีบางส่วนของไฟที่จับไม่ได้ เนื่องจากส่วนนั้นอาจจะไม่ได้อยู่ในช่วงที่ได้กำหนดไว้ และถ้าหากนำเฟรมวิดีโอที่ไม่มีการเกิดไฟแต่มีวัตถุที่มีสีคล้ายสีของไฟอยู่ในเฟรมมาประมวลผล ผลที่ได้คือ จะได้ภาพไบนารีที่มีสีดำ ซึ่งก็คือไม่มีส่วนของไฟเลย แต่อาจจะเกิดข้อผิดพลาดได้ถ้าวัตถุที่อยู่ในเฟรมนั้นมีการสะท้อนของแสงมากเกินไป ทำให้โปรแกรมตรวจจับไม่ถูกต้อง นอกจากนี้ผู้จัดทำได้ทำการทดลองให้มีการเรียกเสียงเตือนภัยขึ้น ผลที่ได้คือ เมื่อโปรแกรมนั้นประมวลผลโดยมีระยะห่างระหว่างเฟรมวิดีโอเท่ากับ 5 เฟรม จำนวนครั้งการเติบโตของไฟต่อเนื่องกันเกิน 5 ครั้งและเปอร์เซ็นต์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการเติบโต 13 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้รูปแบบการเปรียบเทียบรูปแบบที่ 1 ซึ่งอ้างอิงจากขั้นตอนการเปรียบเทียบในบทที่ 3 โปรแกรมจะเกิดข้อผิดพลาดในการแจ้งเตือนน้อยสำหรับการตรวจจับวัตถุที่มีสีคล้ายสีของไฟ และในส่วนของไฟ โปรแกรมก็จะสามารถแจ้งเตือนในระยะที่สามารถควบคุมได้และดำเนินจัดการได้อย่างทันท่วงทีเมื่อเกิดไฟไหม้

5.2 การเปรียบเทียบกับระบบอื่น

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบกับระบบตรวจจับควัน

ระบบของเรา	ระบบตรวจจับควัน
1. ราคาถูก	1. ราคาแพง
2. สามารถติดตั้งบริเวณที่มีความชื้น มีลม หรือมีการเปลี่ยนแปลงความกดอากาศ	2. มีข้อจำกัดในการติดตั้งบางพื้นที่ เช่น บริเวณที่มีความชื้น มีลม หรือมีการเปลี่ยนแปลงความกดอากาศ
3. ฝุ่น ละอ่อง เขม่า ไม่ผลต่อการทำงานของระบบ	3. ฝุ่น ละอ่อง เขม่า มีผลต่อการทำงานของระบบ

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบกับระบบตรวจจับความร้อน

ระบบของเรา	ระบบตรวจจับความร้อน
1. ติดตั้งง่ายและใช้งานได้เลย	1. การติดตั้งต้องใช้ความระมัดระวังสูง
2. ตรวจจับได้หลายครั้ง	2. ถ้าเคยมีการตรวจจับไฟแล้ว อาจจะไม่สามารถตรวจจับได้อีก
3. มีระยะเวลาในการใช้งานจนกว่ากล้องจะเสื่อมสภาพ	3. มีระยะเวลาการใช้งานสั้น

5.3 ปัญหา และแนวทางแก้ไข

จากการทดลองทำให้ทราบถึงสาเหตุต่าง ๆ ที่ทำให้โปรแกรมเกิดข้อผิดพลาดขึ้น ซึ่งส่งผลให้ไม่สามารถทำการตรวจจับไฟไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ โดยปัญหาอุปสรรคที่พบและแนวทางแก้ไขปัญหาแสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.3 ปัญหา และแนวทางแก้ไข

ปัญหาและอุปสรรค	แนวทางแก้ไข
1. ความสว่างของวิดีโอ เนื่องด้วยประสิทธิภาพของกล้อง	1. ใช้กล้องที่มีประสิทธิภาพของความสว่างที่สมจริง
2. สถานที่ในการทดสอบโปรแกรม	2.1 ค้นหาวิดีโอจากอินเตอร์เน็ต 2.2 จุดไฟให้มีขนาดไม่ต้องใหญ่มาก
3. โปรแกรมตรวจจับวัตถุที่ไม่ใช่ไฟแต่มีสีเหลืองหรือส้มที่มีความสว่างมากๆ	3. พัฒนาอัลกอริทึม โดยการเลือกช่วงสีและความสว่างที่เหมาะสม
4. ความคมชัดของวิดีโอที่ค้นหา	4. เลือกวิดีโอที่มีความคมชัดที่เหมาะสม

ดังนั้นในทางปฏิบัติถ้าสามารถขจัดปัญหา และอุปสรรคดังกล่าวไปได้ ก็จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมได้สมบูรณ์มากขึ้น

5.4 แนวทางการพัฒนาในอนาคต

1. ปรับปรุงให้มีการตรวจจับการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงประเภทสารเคมีต่าง ๆ ที่มีสีของไฟไม่ใช่สีเหลืองหรือสีส้ม

2. ปรับปรุงให้มีการใช้กับกล้องวงจรปิดได้

3. ปรับปรุงให้สามารถใช้กับกล้องที่หมุนได้

เอกสารอ้างอิง

[1] สมเกียรติ อุดมหรรษากุล. การประมวลผลภาพดิจิตอลเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : ท้อป, 2554

[2] "ระบบสี" [online]. Available: https://sites.google.com/site/wbicomputergraphics/rabb-si-color-model

[3] "ระบบสี (Color model)" [online]. Available: http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2551/enco1051tj_ch2.pdf

[4] "ฮิสโทแกรม" [online]. Available: http://www.fotofile.net/learning/histogram/his.html

[5] อภิญญา ชัยรัตน์. (2555). ระบบตรวจหาคำศัพท์ที่ถูกเน้นข้อความเพื่อสนับสนุนการแปลคำศัพท์ ภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทย. ปริญญานิพนธ์ วศ.บ., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก

[6] "Thresholding" [online]. Available: http://www.labplays.com/2013/01/emgu-cv-lab-6-threshold.html

[7] "Morphological" [online]. Available: http://www.wbi.msu.ac.th/file/648/doc_25.ppt

[8] "การลุกไหม้ของไฟ" [online]. Available: http://www.hosdoc.com/index.php?option=com_content&view=article&id=111%3Aburning&catid=25%3Aknowledge-about-the-fire-black&Itemid=36

[9] "การเกิดเพลิงไหม้" [online]. Available: http://drkans.blogspot.com/2012/03/blog-post.html

[10] "การวาดกราฟ ROC" [online]. Available: http://thaiml.org/?p=67

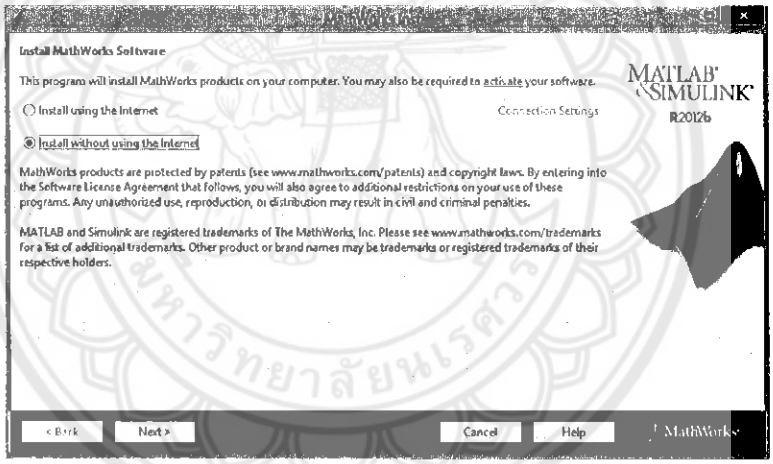
ภาคผนวก ก.

คู่มือการติดตั้งโปรแกรม MATLAB

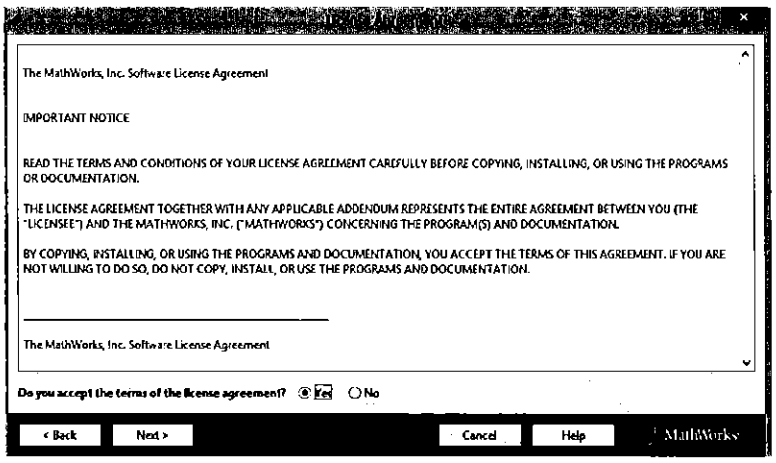
การติดตั้ง MATLAB

1. ให้ Double Click file setup.exe

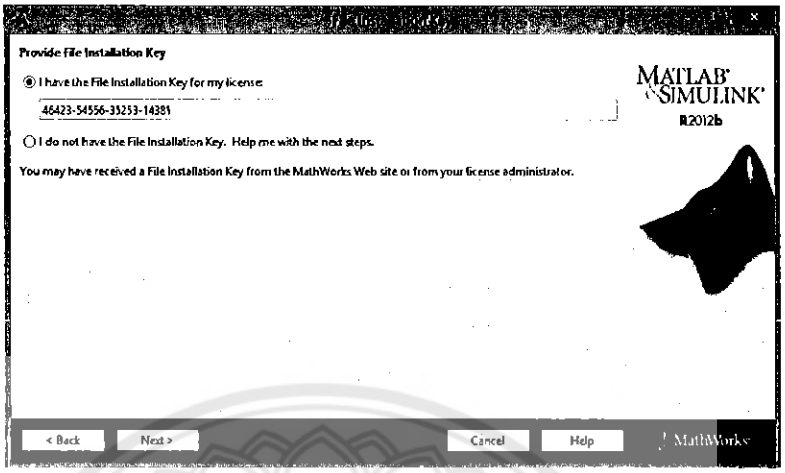
2. หลังจากนั้นให้เลือก Install without using the Internet หลังจากนั้นให้กด Next



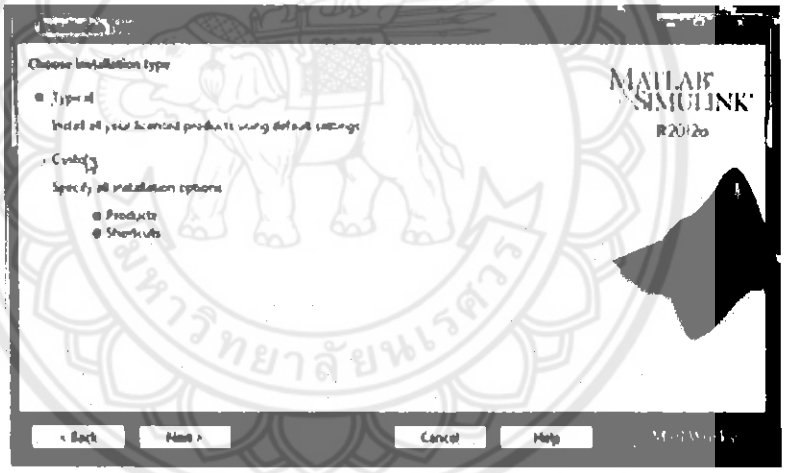
3. ให้ตอบ Yes ใน หน้าต่าง License Agreement หลังจากนั้นให้ กด Next



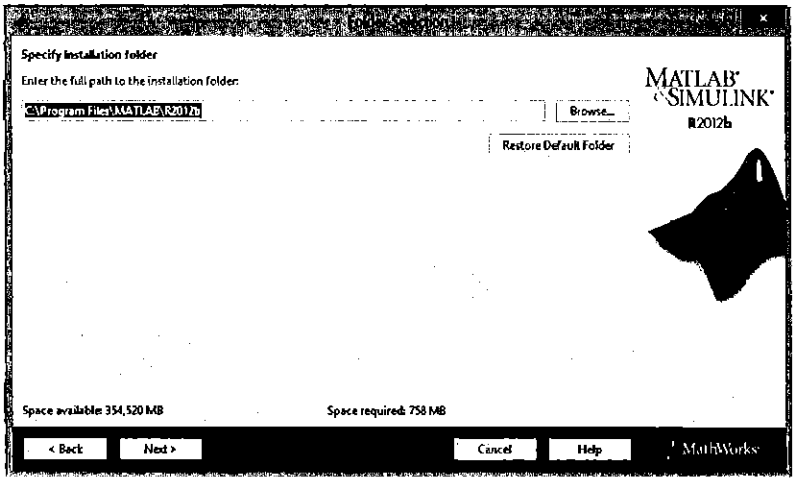
4. เลือก I have the File Installation Key for my license แล้วป้อนตัวเลข Installation Key ที่ใน file FIK.txt ที่ได้รับทาง email ใส่ในช่องว่าง ดังรูป หลังจากนั้นให้ กด Next



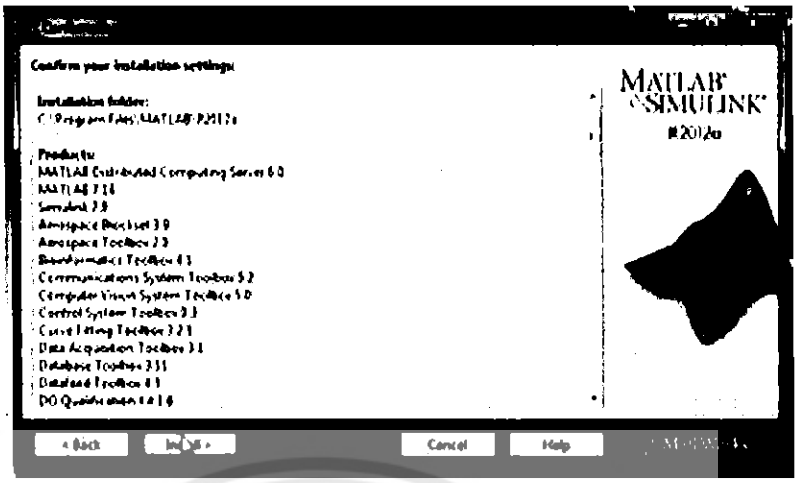
5. กดเลือกการติดตั้งแบบ Typical แล้วทำการกด Next



6. ให้ทำการเลือก folder เพื่อติดตั้งโปรแกรมดังรูป แล้วทำการกด Next

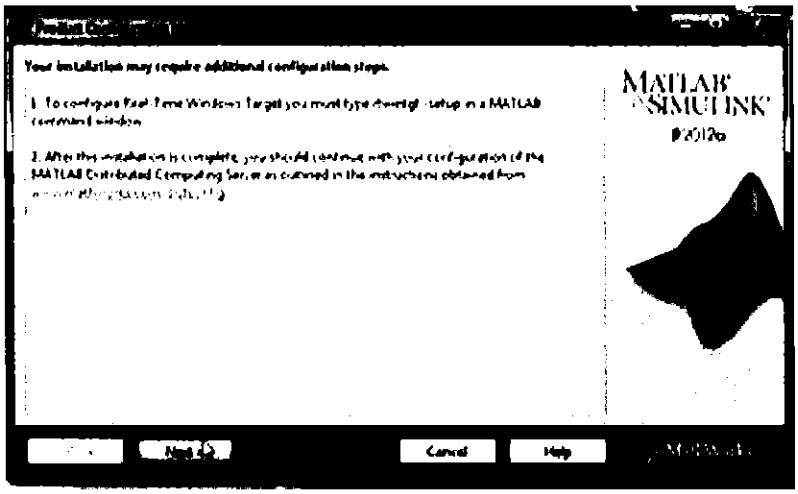


7. ทำการกด Next

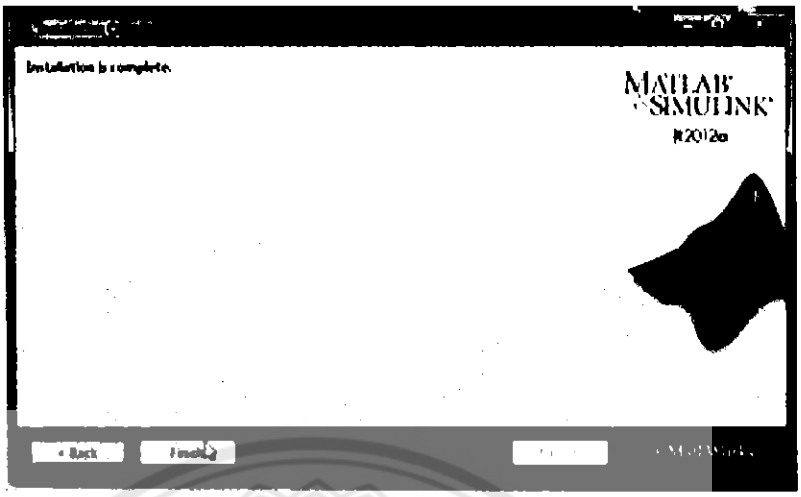


8. โปรแกรมกำลังทำการติดตั้ง

9. ทำการกด Next



10. ทำการกด Finish

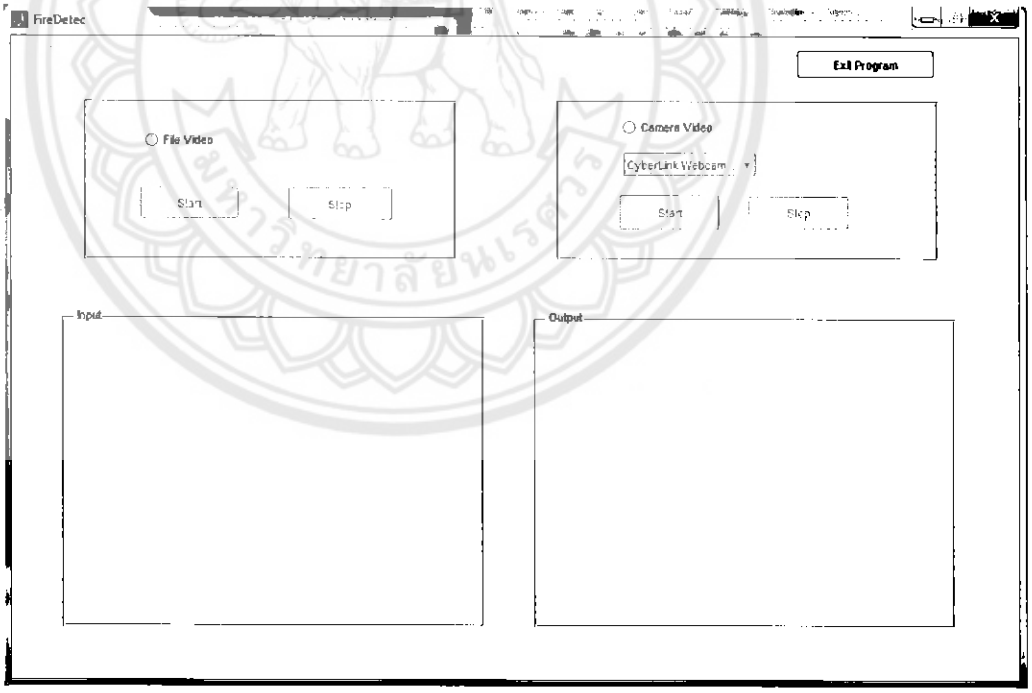


ภาคผนวก ข.

คู่มือการใช้งานโปรแกรม

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม

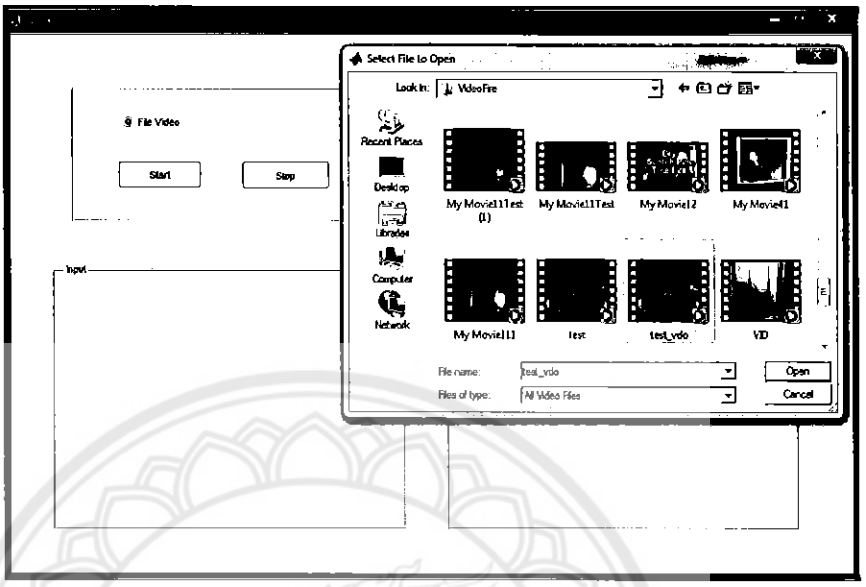
1. รันโปรแกรมด้วยโปรแกรมแมทแลบ
2. เลือกรูปแบบในการประมวลผลโดยการคลิกที่ปุ่ม File Video เพื่อเลือกการประมวลผลโดยที่ Input คือไฟล์วิดีโอ หรือ คลิกที่ปุ่ม Camera Video เพื่อเลือกการประมวลผล โดยที่ Input อยู่ในรูปแบบการรับภาพวิดีโอแล้วนำไปประมวลผลแบบทันที (Real Time)



รูปที่ ข-1 ผลการรันโปรแกรมด้วยโปรแกรมแมทแลบ

2.1 การคลิกที่ปุ่ม File Video

- คลิกที่ปุ่ม Start และเลือกไฟล์วิดีโอที่ต้องการและกดที่ปุ่ม Open



รูปที่ ข-2 ผลการคลิกที่ปุ่ม Start

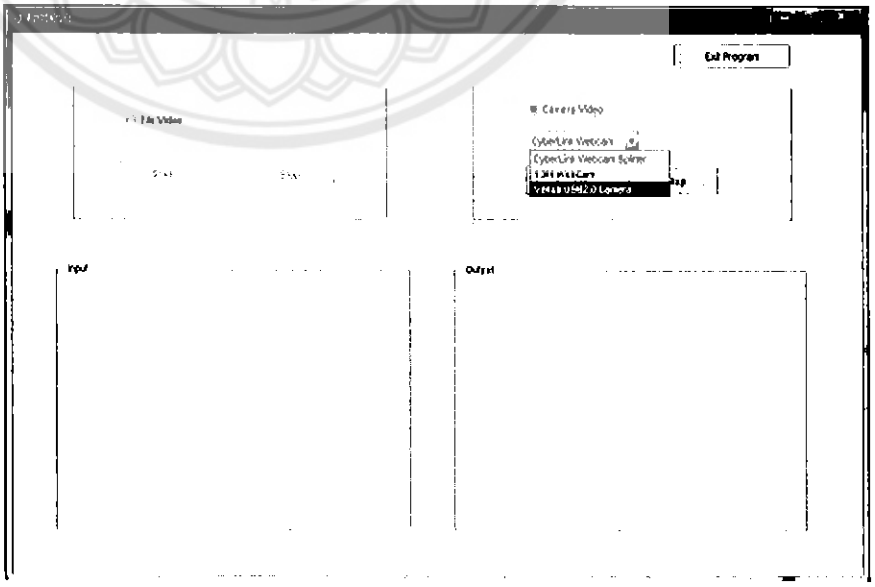
รูปที่ ข-3 ผลการคลิกที่ปุ่ม Start และเลือกไฟล์วิดีโอที่ต้องการและกดที่ปุ่ม Open

- ถ้าต้องการหยุดการทำงานให้คลิกที่ปุ่ม Stop

รูปที่ ข-4 ผลการคลิกที่ปุ่ม Stop

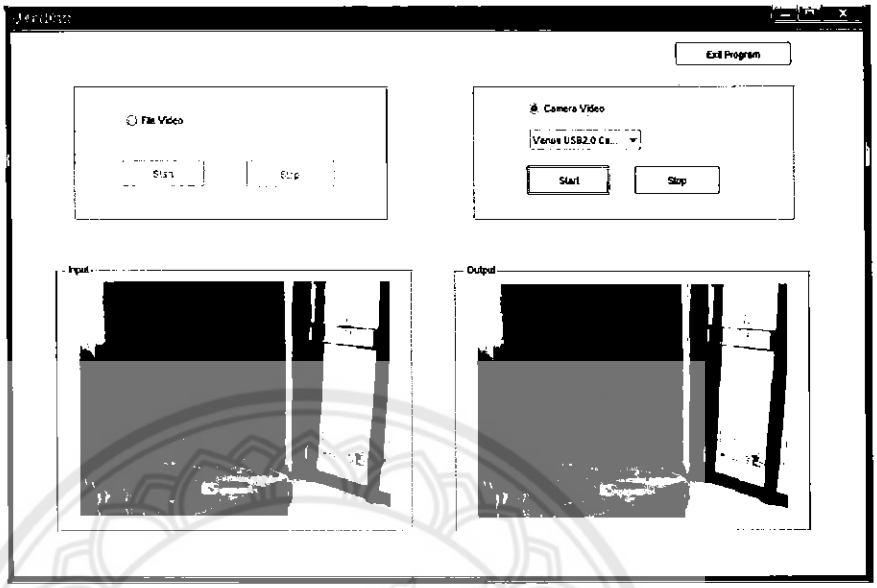
2.2 การคลิกที่ปุ่ม Camera Video

- เลือกกล้องที่จะต้องการเชื่อมต่อ



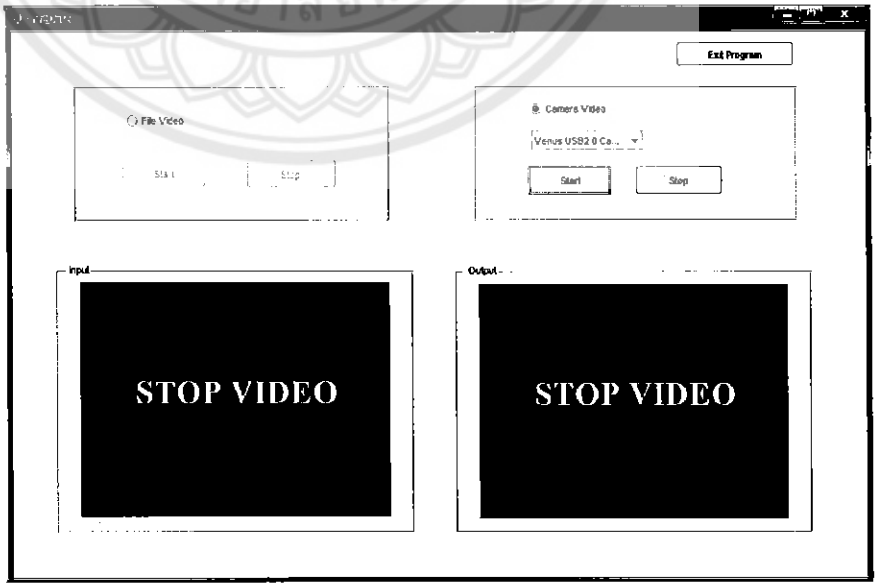
รูปที่ ข-5 ผลการคลิกที่ Camera Video และ เลือกกล้องที่จะต้องการเชื่อมต่อ

- คลิกที่ปุ่ม Start เพื่อเริ่มต้นการทำงานแบบรับภาพวิดีโอแล้วนำไปประมวลผลแบบทันที (Real Time)



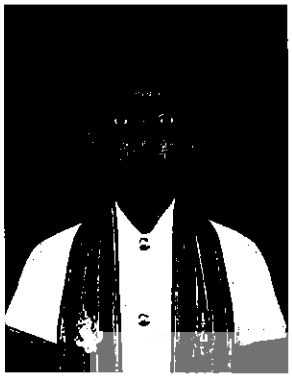
รูปที่ ข-6 ผลการคลิกที่ปุ่ม Start เพื่อเริ่มต้นการทำงานแบบรับภาพวิดีโอแล้วนำไปประมวลผลแบบทันที (Real Time)

- ถ้าต้องการหยุดการทำงานให้คลิกที่ปุ่ม Stop



รูปที่ ข-7 ผลการคลิกที่ปุ่ม Stop

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน



ชื่อ นางสาวจารีรัตน์ สีบำรุงสาสน์

ภูมิลำเนา 176 หมู่ 3 ต.โกสัมพี อ.โกสัมพีนคร จ.กำแพงเพชร

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนโกสัมพีวิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **nong.facub@gmail.com**

ชื่อ นายศุภชัย ไพรสิงห์

ภูมิลำเนา 205 หมู่ 3 ต. ศรีเทพ อ.ศรีเทพ จังหวัดเพชรบูรณ์

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเมืองศรีเทพ
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **atom.suphachai@gmail.com**