# รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัย

# ระบบฝึกซ้อมยิงปืนด้วยการจำลองภาพจากสถานการณ์จริง

# GUNNERY TRAINING SYSTEM BY SIMULATION OF THE ACTUAL SITUATION


อาจารย์สรยุทธ กลมกล่อม

ผศ.เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น

กัมพล ปาระมี

มรุชัย วัฒนรังสรรค์



b 00274583

i

RC00219



สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ปีงบประมาณ 2556



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ระบบฝึกซ้อมยิงปืนด้วยการจำลองภาพจากสถานการณ์จริง

อาจารย์สรยุทธ กลมกล่อม
ผศ.เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น
นายกัมพล ปาระมี
นายมรุชัย วัฒนรังสรรค์

**บทคัดย่อ**

ในปัจจุบันพบว่าบุคคลที่ทำหน้าที่ในการรักษาความสงบให้กับประเทศ เช่น ตำรวจ ทหาร และพนักงานฝ่ายปกครอง ต่างไม่ได้รับโอกาสในการฝึกซ้อมยิงปืนซึ่งเป็นอาวุธประจำมือเนื่องจากการฝึกซ้อมแต่ละครั้งมีงบประมาณสูง อีกทั้งการฝึกซ้อมยังฝึกซ้อมกับเป้านิ่งทำให้เมื่อเกิดเหตุการณ์จริงขึ้นจะทำให้บุคคลเหล่านี้ไม่สามารถตัดสินใจในการแก้ปัญหาได้ทันเวลาและถูกต้อง ทำให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน

ดังนั้นจึงได้พัฒนาระบบฝึกซ้อมยิงปืนที่สามารถจำลองสถานการณ์จริงได้ และใช้เลเซอร์แทนกระสุนจริงเพื่อให้ประหยัดงบประมาณในการฝึกซ้อม ในส่วนของปืนจะใช้ปืนอัดลมแทนปืนจริงเนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพคล้ายกับปืนจริงมากและการดัดแปลงปืนให้สามารถยิงแสงเลเซอร์ทุกครั้งที่เหนี่ยวไกจะทำโดยนำสวิตซ์มาติดไว้ด้านหลังของไกปืนเมื่อมีการยิงจะทำให้มีแสงเลเซอร์พุ่งไปกระทบกับจอภาพ โดยจะใช้ยิงไปยังฉากที่มีภาพสถานการณ์จำลองที่ฉายโดยใช้เครื่องฉายภาพ (Projector) จำนวนสองจอเพื่อให้สามารถจำลองสถานการณ์ได้หลากหลายยิ่งขึ้น แล้วใช้กล้องวีดีโอรับภาพที่แสงเลเซอร์ตกกระทบบนฉากมาประมวลผล โดยใช้กระบวนการทางรูปภาพเพื่อระบุจุดที่ยิงและตอบสนองต่อการยิงโดยการเปลี่ยนแปลงภาพวีดีโอที่แสดงตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ การฝึกซ้อมจะแบ่งเป็นสองส่วนหลัก ๆ คือการฝึกซ้อมยิงเป้านิ่งเพื่อฝึกฝนความแม่นยำและการจำลองสถานการณ์จริง

ผลจากการทดสอบใช้งานระบบพบว่าสามารถระบุจุดตกกระทบของแสงเลเซอร์และตอบสนองต่อการยิงตามที่ต้องการได้แต่ยังมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการตั้งค่าการใช้งานของผู้ใช้ขณะเริ่มใช้งานระบบ ซึ่งหากมีการตั้งค่าที่ดีจะทำให้ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นน้อยลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# GUNNERY TRAINING SYSTEM BY SIMULATION OF THE ACTUAL SITUATION


| | |
|---|---|
| Mr. Sorayut | Glomglome |
| Asst.Prof. Charoen | Vongchumyen |
| Mr. Kampon | Paramee |
| Mr. Maruchai | Wattanarungson |



## ABSTRACT

People in law enforcement need to have gunnery training on regular basis to ensure effectiveness when on duty. However, the limitation of ammunition received each month and the lack of time to go practicing at shooting range prevent regular training. In addition, practice at shooting range can improve accuracy and speed but not the reaction in the actual situation. Our proposed system provide opportunities for practicing relatively close to actual situation. The system operates on two modes. On event simulation mode, two projectors project two screens videos recorded simulated situation, for example, robbery with hostages. A laser point appears on the screen instead of real ammunition when a modified air gun is fired. Images taken by cameras are used to detect a coordinate of appeared laser point. Then score is calculated by comparing detected coordinate with positions of suspects and hostages in videos. On practice mode, stationary target appears on one of screens instead. In addition, trainee's record is kept for later improvement analysis.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

สารบัญ.....III

สารบัญตาราง.....V

สารบัญภาพ.....VI

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....2

1.3 ขอบเขตของโครงงาน.....2

1.4 วิธีการดำเนินการ.....3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

1.6 ส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 ปืน BB GUN.....4

2.2 VISUAL BASIC.....5

2.3 VISUAL BASIC.NET.....6

2.4 เลเซอร์ (LASER).....6

2.5 ทฤษฎีการมองเห็นสีของมนุษย์.....8

2.6 AFORGE.NET.....11

2.7 ทฤษฎีบทพีทาโกรัส.....11

2.8 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการประมวลผลภาพดิจิทัล.....12

2.9 การหาขอบภาพ.....15

2.10 ระบบสี HSL.....18

2.11 BLOB COUNTER ALGORITHM.....19



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า


บทที่ 3 รายละเอียดการพัฒนา ..... 26

3.1 ภาพรวมของระบบ ..... 26

3.2 การออกแบบโปรแกรมที่จะพัฒนา ..... 26

3.3 การออกแบบอุปกรณ์การติดตั้ง ..... 30

3.4 วิธีการใช้งาน ..... 31

3.5 ปืน ..... 39

3.6 การพัฒนา EVENT SIMULATION MODE ..... 39

3.7 การทดลองพัฒนา PRACTICE MODE ..... 44

3.8 ข้อจำกัดของระบบ ..... 48

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง ..... 49

4.1 การทดลองการใช้งานตัวกรองภาพ (IMAGE FILTER) เบื้องต้น ..... 49

4.2 การทดสอบความแม่นยำของการประมวลผลจุดเลเซอร์ ..... 53

4.3 การทดสอบความเร็วในการตอบสนองของระบบ ..... 54

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ ..... 56

5.1 บทสรุป ..... 56

5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางการแก้ไข ..... 56

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ ..... 57

บรรณานุกรม ..... 58

ภาคผนวก ..... 59

ก.1 คู่มือการใช้งาน ..... 59

ก.2 ขั้นตอนการติดตั้ง ..... 62



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


**ตาราง** **หน้า**

3.1 ความละเอียดของกล้องและระยะห่างระหว่างจุดภาพ .....38

3.2 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวงกลมแต่ละวง.....46

3.3 การเปรียบเทียบขนาดมาตรฐานกับขนาดที่ใช้สร้างเป้าจริง.....47

4.1 ผลการทดสอบความเร็วในการประมวลผลภาพ .....55

4.2 ผลการทดสอบความเร็วในการเปลี่ยนไฟล์ VDO.....55



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

**รูป** **หน้า**

2.1 ลักษณะของรังสีแบบต่างๆ ....9
2.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงที่มนุษย์มองเห็นได้ ....9
2.3 การเกิดรุ้งกินน้ำ ....10
2.4 การแปลงภาพแอนะล็อกให้เป็นภาพดิจิทัล ....12
2.5 ภาพแบบ BINARY หรือ ภาพขาว-ดำ ....13
2.6 ภาพแบบ GRAYSCALE หรือ ภาพระดับเทา ....13
2.7 ภาพแบบ RGB ....14
2.8 ภาพแบบ INDEXED ....14
2.9 ตัวอย่างการหาขอบภาพโดยใช้ EDGE DETECTOR แบบต่างๆ ....16
2.10 ขั้นตอนของ CANNY EDGE DETECTION ....16
2.11 ระบบสี HSL ....18
2.12 ตัวอย่างในการทำ CONNECTED COMPENENTS LABELING ALGORITHM ....20
2.13 จุดที่กำลังตรวจสอบไม่เป็นพื้นหลัง ....20
2.14 ตรวจสอบ PIXEL รอบ ๆ จุดที่กำลังพิจารณา ....21
2.15 กำหนด LABEL ใหม่ให้กับ PIXEL ที่พิจารณา ....21
2.16 เลื่อนจุดที่พิจารณาไปยังจุดถัดไปและตรวจสอบจุดรอบข้าง ....22
2.17 กำหนด LABEL ให้กับจุดที่กำลังพิจารณา ....22
2.18 ตรวจสอบ PIXEL รอบข้างของ PIXEL ที่กำลังพิจารณา ....23
2.19 กำหนดค่า LABEL ใหม่ให้กับ PIXEL ....23
2.20 ผลลัพธ์จากการตรวจสอบรอบแรก ....23
2.21 การตรวจสอบค่าของ Label ของรูปที่มีพื้นที่ติดต่อกัน ....23
2.22 ผลลัพธ์จากการตรวจสอบรอบที่สอง ....24
2.23 ผลลัพธ์เมื่อเสร็จ ALGORITHM ....25
3.1 ภาพรวมของระบบ ....26
3.2 SEQUENCE DIAGRAM การทำงานของโปรแกรม ....27
3.3 SEQUENCE DIAGRAM การประมวลผลหาตำแหน่งของแสงเลเซอร์ ....27
3.4 SEQUENCE DIAGRAM ส่วนแสดงผลการยิง ....28
3.5 ลักษณะการตั้งจอภาพของเครื่องฉายภาพ ....29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป(ต่อ)


| รูป | หน้า |
|---|---|
| 3.6 ลักษณะเป้าปืนสำหรับยิง | 29 |
| 3.7 การวางเครื่องฉายภาพ | 30 |
| 3.8 หน้าหลักของแอปพลิเคชั่น | 31 |
| 3.9 การเลือกโหมดการฝึกซ้อม | 32 |
| 3.10 การฝึกซ้อมจำลองสถานการณ์จริง | 32 |
| 3.11 สถิติของการฝึกซ้อม | 33 |
| 3.12 การเลือกโหมดการตั้งค่ากล้องและส่วนการแสดงผล | 34 |
| 3.13 การตั้งค่าของส่วนการแสดงผล | 34 |
| 3.14 การตั้งค่าของกล้อง | 35 |
| 3.15 ภาพรวมของระบบ | 35 |
| 3.16 ภาพรวมของระบบ | 36 |
| 3.17 ฉากรับภาพ | 36 |
| 3.18 ฐานตั้งกล้องและ PROJECTOR | 37 |
| 3.19 ขนาดของภาพที่ถ่ายได้และภาพที่ต้องการ | 38 |
| 3.20 ปืนที่ใช้ | 39 |
| 3.21 EVENT SIMULATION MODE | 40 |
| 3.22 กระบวนการ CROP ภาพส่วนที่ต้องการเพื่อทำ CHROMA KEY | 40 |
| 3.23 ภาพพื้นหลังที่ต้องการนำมาแทนพื้นหลังเดิม | 41 |
| 3.24 VDO ที่ตัดต่อเสร็จ | 41 |
| 3.25 ตำแหน่งของวีดีโอที่ใช้ | 42 |
| 3.26 เปรียบเทียบระหว่าง VDO ที่กำลังแสดงผลและ VDO ที่ใช้ตรวจสอบเงื่อนไข | 42 |
| 3.27 VDO ที่แสดงหลังจากตรวจสอบเงื่อนไข | 43 |
| 3.28 การแสดง VDO ใหม่ทับตำแหน่งของ VDO เดิม | 43 |
| 3.29 แสงเลเซอร์ตกกระทบที่เป้าหมายขณะจำลองสถานการณ์ | 44 |
| 3.30 ผลการยิงเป้าหมาย | 44 |
| 3.31 PRACTICE MODE | 45 |
| 3.32 การนำทฤษฎีพิทาโกรัสมาใช้กับการหาพิกัดในวงกลม | 45 |
| 3.33 เป้าใน PRACTICE MODE | 46 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป(ต่อ)


**รูป** **หน้า**

4.1 ลักษณะแอพพลิเคชั่นที่ใช้ทดลอง .....50

4.2 การเลือกกล้องที่จะใช้งาน .....50

4.3 ภาพขณะที่ยังไม่มีแสงเลเซอร์ตกกระทบ .....51

4.4 ภาพขณะที่แสงเลเซอร์ตกกระทบและแสดงค่าพิกัดของจุดที่แสงเลเซอร์ตกกระทบ .....51

4.5 ค่าพิกัดของจุดที่แสงเลเซอร์ตกกระทบเมื่อเลื่อนเลเซอร์ไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ .....52

4.6 ภาพต้นแบบและภาพที่ผ่านการกรองเมื่อกล้องถ่ายภาพทั่วไป .....52

4.7 ผลจากการเปลี่ยนค่ากรอง .....52

4.8 การหาตำแหน่งที่แสงเลเซอร์ตกกระทบหลังจากเปลี่ยนค่าตัวกรอง .....53

4.9 จุดตกกระทบของแสงเลเซอร์ .....53

4.10 การแสดงผลหลังจากประมวลผลหาจุดตกกระทบของแสงเลเซอร์ .....54

4.11 LOG FILE จากโปรแกรม .....54



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

ในปัจจุบันบุคคลที่ทำหน้าที่ในการรักษาความสงบและความปลอดภัยให้กับประเทศ เช่น ทหาร ตำรวจ และเจ้าหน้าที่ฝ่ายปกครอง จำเป็นต้องใช้ปืนเป็นอาวุธประจำมือแต่ในภาวะที่สถานการณ์ปกติบุคคลเหล่านี้ไม่มีความจำเป็นต้องใช้ปืน และในประเทศไทยนั้นสนามฝึกซ้อมยิงปืนส่วนใหญ่จะเป็นการฝึกซ้อมยิงเป้านิ่งซึ่งไม่ฝึกทักษะในการรับมือกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง อีกทั้งการฝึกซ้อมยังมีค่าใช้จ่ายต่อครั้งสูงและอาจจะต้องเสียค่าใช้จ่ายและเวลาในการเดินทาง ทำให้ทางหน่วยงานต้นสังกัดไม่สามารถจัดสรรงบประมาณ เพื่อให้มีการฝึกซ้อมอย่างจริงจังและสม่ำเสมอ ได้ ส่งผลให้บุคคลเหล่านี้ขาดความคุ้นเคยกับสถานการณ์เมื่อสถานการณ์เกิดขึ้นจริง อีกทั้งยังขาดทักษะในการใช้ปืน ทำให้หากมีสถานการณ์ฉุกเฉินเกิดขึ้นอาจจะทำให้เจ้าหน้าที่ตำรวจหรือทหารไม่สามารถรับมือกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งอาจส่งผลต่อความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ตำรวจหรือทหารเองหรือความปลอดภัยของผู้ร่วมในสถานการณ์นั้นๆ ซึ่งการสูญเสียชีวิตเป็นเรื่องที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรก โดยการสูญเสียจากความไม่เข้าใจสถานการณ์และรับมือไม่ถูกต้อง หรือการขาดทักษะในการใช้อาวุธของเจ้าหน้าที่ตำรวจและทหารในสถานการณ์คับขันนั้น เป็นเรื่องที่ไม่สมควรเกิดขึ้นเป็นอย่างยิ่ง

ดังนั้นหากมีช่องทางในการฝึกซ้อมที่สามารถสามารถฝึกซ้อมได้สะดวก สามารถจำลองสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้จริงใจชีวิตประจำวันได้ และมีค่าใช้จ่ายน้อยลงอาจส่งผลให้หน่วยงานต้นสังกัดของทหาร ตำรวจและเจ้าหน้าที่ฝ่ายปกครองมีงบประมาณเพื่อจัดซื้ออุปกรณ์เพื่อให้บุคลากรภายใต้บังคับบัญชาได้ฝึกทักษะในการใช้อาวุธปืนอย่างสม่ำเสมอทำให้หากเกิดสถานการณ์ฉุกเฉินจะสามารถรับมือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดแนวคิดในการสร้างระบบฝึกซ้อมยิงปืนด้วยการจำลองภาพจากสถานการณ์จริงซึ่งเป็นระบบที่จำลองสถานการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ในชีวิตจริง โดยการฉายภาพสถานการณ์ที่จำลองจากเครื่องฉายภาพ (projector) ไปยังฉากรับภาพ และจะใช้ปืนอัดลม (BB Gun) ในการยิงซึ่งถูกดัดแปลงโดยการเพิ่มเลเซอร์เข้าไป เมื่อมีการยิงจะส่งแสงเลเซอร์ไปตกกระทบบนฉากรับภาพ หลังจากนั้นจะรับภาพที่แสงเลเซอร์ตกกระทบเข้ามาเพื่อประมวลผลว่าถูกเป้าหมายหรือไม่โดยผ่านกล้องวีดีโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) เพื่อพัฒนาระบบฝึกซ้อมยิงปืนที่สามารถจำลองสถานการณ์จริงได้
2) เพื่อพัฒนาระบบฝึกซ้อมยิงปืนที่ลดค่าใช้จ่ายในการฝึกซ้อม
3) เพื่อลดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นขณะฝึกซ้อม
4) เพื่อฝึกฝนทักษะการใช้ปืนของผู้ฝึกซ้อม
5) เพื่อให้ผู้ฝึกซ้อมคุ้นเคยและสามารถตัดสินใจได้อย่างถูกต้องแม่นยำเมื่อเกิดเหตุการณ์จริง

## 1.3 ขอบเขตของโครงงาน

เพื่อออกแบบและสร้างระบบฝึกซ้อมยิงปืนด้วยการจำลองภาพจากสถานการณ์จริง ซึ่งจะฉายภาพเหตุการณ์จำลองสำหรับการฝึกซ้อมจากคอมพิวเตอร์ผ่านเครื่องฉายภาพ (projector) ไปยังจอภาพซึ่งจะใช้เครื่องฉายภาพและจอภาพสองชุดในการจำลองภาพเหตุการณ์โดยจะมีการวางของจอภาพให้ภาพที่ฉายมีลักษณะเหมือนจริงมากขึ้น หลังจากนั้นใช้ปืนอัดลมซึ่งมีลักษณะทางกายภาพคล้ายกับปืนจริงทั้งขนาด น้ำหนัก แรงถีบ ยิงไปยังตำแหน่งในภาพและดัดแปลงโดยจะยิงเป็นแสงเลเซอร์แทนลูกกระสุนจริงเนื่องจากการยิงกระสุนจริงอาจทำให้จอภาพได้รับความเสียหายได้ ขณะที่ยิงไปยังเป้าหมายที่กำหนดในภาพจะมีตัวส่งสัญญาณไปยังตัวยิงเลเซอร์เพื่อให้ยิงแสงเลเซอร์ในขณะเดียวกันจะมีสัญญาณส่งไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อให้ทราบว่ามีการยิง ผ่านตัวควบคุมการส่งสัญญาณ หลังจากนั้นคอมพิวเตอร์จะรับภาพที่แสงเลเซอร์ตกกระทบมาประมวลผลร่วมกับภาพต้นแบบเพื่อหาจุดตกกระทบของแสงเลเซอร์และประมวลผลว่าถูกเป้าหมายหรือไม่พร้อมทั้งแสดงผลการยิงกลับมายังเครื่องฉายภาพ (projector) เพื่อแสดงภาพผลการยิงในแต่ละนัดให้ผู้ฝึกซ้อมทราบ เนื่องจากคอมพิวเตอร์ที่ใช้จะต้องมีการประมวลผลและแสดงผลรูปภาพดังนั้นอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในส่วนของการประมวลผลและการแสดงผลจะต้องสามารถประมวลผลและแสดงผลได้อย่างไม่ติดขัด

โดยลักษณะการฝึกซ้อมยิงปืนของระบบฝึกซ้อมยิงปืนด้วยการจำลองภาพจากสถานการณ์จริงนั้นจะเน้นไปที่การจำลองเพื่อฝึกซ้อมจากภาพสถานการณ์จริงเพื่อให้ผู้ฝึกซ้อมคุ้นเคยและสามารถนำทักษะในการฝึกซ้อมไปปรับใช้ได้เมื่อเกิดสถานการณ์จริง โดยจะมีส่วนเสริมคือการฝึกซ้อมความแม่นยำ การฝึกซ้อมความเร็ว การฝึกซ้อมยิงวัตถุที่เคลื่อนไหว เพื่อให้ผู้ฝึกซ้อมสามารถฝึกทักษะในด้านต่างๆ ก่อนที่จะฝึกซ้อมโดยการจำลองสถานการณ์จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 วิธีการดำเนินการ

1) ออกแบบภาพรวมและกำหนดขอบเขตของระบบ
2) ศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ที่จะใช้และเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม
3) ศึกษาวิธีการในการประมวลผลภาพ
4) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบ เช่น เครื่องมือต่างๆที่สามารถใช้ได้
5) ลงมือพัฒนาระบบฝึกซ้อมยิงปืน
6) ทดลองใช้งานระบบฝึกซ้อมยิงปืน
7) สรุปผลการใช้งานระบบฝึกซ้อมยิงปืน

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการประมวลผลภาพ
2) ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์
3) ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอาวุธปืน
4) สามารถพัฒนาระบบที่จำลองสถานการณ์ในการฝึกซ้อมยิงปืนได้
5) สามารถพัฒนาระบบที่สามารถลดต้นทุนในการฝึกซ้อมยิงปืนได้
6) สามารถพัฒนาระบบที่ลดอุบัติเหตุขณะฝึกซ้อมลงได้

## 1.6 ส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความสำคัญและที่มาของโครงงาน วัตถุประสงค์ของโครงงาน ขอบเขตของโครงงาน วิธีการดำเนินการ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในโครงงาน ประกอบด้วยอะไรบ้าง ให้บรรยายทฤษฎีทั้งหมดโดยละเอียด

บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนา กล่าวถึงรายละเอียดของโครงงานนี้ ส่วนที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้น การทำงานของระบบหรือชิ้นงานบรรยายโดยละเอียด

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึงการเตรียมการทดลองทั้งการจัดเตรียมฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ สภาวะแวดล้อมในการทำการทดลอง ข้อมูลทดสอบ การทำงานหรือการจำลองการทำงานของระบบ ผลการทดลอง ค่าสมรรถนะของระบบ การวัดประสิทธิภาพของระบบ การวิเคราะห์ผลการทดลองหรือผลการทำงานทั้งหมด

บทที่ 5 บทสรุป กล่าวถึงบทสรุปของโครงงาน วิจารณ์สิ่งที่ได้รับจากโครงงาน ข้อจำกัดรวมถึงปัญหาอุปสรรคต่างๆ ของโครงงาน และข้อเสนอแนะสำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ปืน BB Gun

ประเภทของ Airsoft Gun แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่คือ

1) ปืนอัดลมระบบแอร์ค็อกกิ้ง (Air Cocking Gun)

2) ปืนอัดลมระบบแก๊ส (Gas Gun)

3) ปืนอัดลมระบบไฟฟ้า (Automatic Electric Gun)

### 2.1.1 ปืนอัดลมระบบแอร์ค็อกกิ้ง

ปืนอัดลมเบาระบบแอร์ค็อกกิ้ง (Air Cocking) หรือสปริงค็อกกิ้ง (Spring Cocking) เป็นปืนที่มีกลไกไม่ซับซ้อนมากนัก มีน้ำหนักที่เบาใช้งานง่าย ทนทานและราคาไม่แพง ราคาเริ่มต้นที่ 200-300 เท่านั้น และสามารถซื้อหามาเล่นได้ง่าย เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นเล่น ระบบกลไกการส่งกระสุนในปืนชนิดนี้จะใช้แรงดีดจากสปริงในการยิงกระสุน "Cocking" เป็นคำที่ใช้เรียกปฏิกิริยาการหดตัวของสปริงลูกสูบ ปืนประเภทนี้จึงถูกเรียกว่าเป็นปืนแอร์ค็อกกิ้ง ปืนที่ใช้ระบบแอร์ค็อกกิ้ง นอกจากจะมีในแบบปืนสั้นแล้ว ยังมีในรูปแบบปืนยาวด้วย ซึ่งปืนระบบแอร์ค็อกกิ้งในแบบปืนยาว ส่วนใหญ่จะเป็นปืนในแบบ Sniper อย่างเช่น ปืนอัดลมเบา Sniper ตระกูล APS II ที่ผลิตโดยบริษัท Maruzen หรือตระกูล VSR-10 ที่ผลิตโดยบริษัท Tokyo Marui ก็เรียกว่าเป็นปืนแบบแอร์ค็อกกิ้งด้วยเช่นกัน

### 2.1.2 ปืนอัดลมระบบแก๊ส

ปืนอัดลมระบบแก๊สแบ่งออกเป็นอีก 2 ประเภทได้แก่ปืนแบบไม่โบลว์แบ็ค (Non Blowback) และแบบโบลว์แบ็ค (Blowback) คำว่า "โบลว์แบ็ค" นั้นเป็นคำที่เรียกปฏิกิริยาการสะท้อนถอยกลับของสไลด์ปืน ที่เลียนแบบของจริงทุกประการ พลังงานที่ใช้ส่งกระสุน จะใช้แรงดันที่เกิดจากการขยายตัวของแก๊ส

ปืนระบบไม่โบลว์แบ็ค มีข้อดีตรงที่ใช้แก๊สไม่เปลือง และให้ความแรงสม่ำเสมอในการยิง แต่จะมีข้อด้อยตรงที่ หากเป็นปืนอัดลมในสไตล์ปืนพก จะไม่มีการสไลด์ของปืนที่เหมือนกับปืนของจริง ระบบโบลว์แบ็คนั้น เป็นปืนที่ได้รับความนิยมจากผู้เล่นมากที่สุดเพราะความเหมือนจริงของมันนั่นเอง อีกทั้งยังได้อารมณ์ของการยิง และระบบการทำงานของปืนยังเลียนแบบมาจากปืนของจริงอีกด้วย ข้อเสียของปืนอัดลมแบบใช้แก๊สอยู่ที่ เมื่อแรงดันแก๊สอ่อนลงหรือใช้งานในอุณหภูมิที่เย็นจัด จะส่งผลถึงความแรงและความแม่นยำก็จะลดลงตามไปด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก๊สที่ใช้ใน ปืนอัดลมระบบแก๊ส นั้นก็คือน้ำยาทำความเย็นทั่ว ๆ ไป จะเป็นแก๊สในกลุ่ม HFC134a หรือเรียกกันสั้น ๆ ว่า R134a แก๊สที่มีขายทั่วไปในท้องตลาดมีหลายชนิดและยี่ห้อ เช่น Gun Power เป็นแก๊สที่ใช้ได้ทั้งอุปกรณ์ที่เป็นทั้งเหล็ก และพลาสติก และยิงได้แม้อุณหภูมิที่เย็นจัด

**2.1.3 ปืนอัดลมระบบไฟฟ้า**

ปืนอัดลมประเภทนี้ยังมีชื่อเรียกในอีกชื่อหนึ่งว่า ปืน AEG. ย่อมาจากคำเต็มว่า Automatic Electric Gun เป็นปืนอัดลมที่ใช้พลังงานการส่งลูกจากไฟฟ้าในก้อนแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นตัวทำให้มอเตอร์ (Motor) ภายในทำงาน มอเตอร์ที่หมุนจะทำให้สปริงลูกสูบหดตัวและทำให้กระสุน ถูกยิงออกไปด้วยแรงดันของลูกสูบ ข้อดีของปืนอัดลมระบบไฟฟ้าชนิดนี้ จะสามารถปรับแต่งสปริงหรืออุปกรณ์กลไกภายในเพื่อทำให้ปืนมีความแรงเพิ่มขึ้น จากเดิมได้ และยังให้ความแรงและความแม่นยำอย่างสม่ำเสมอ จนกว่าแบตเตอรี่จะหมดไฟ เมื่อหมดไฟก็สามารถชาร์ตได้ด้วยเวลาอันสั้น ปืนระบบไฟฟ้าที่ได้รับความนิยมส่วนใหญ่จะปืนปืนยาวจำพวก Assault Rifle มากที่สุด เช่น ปืนในตระกูล HK M4A1 หรือแม้กระทั่งปืนยาวประเภท Sniper M14 นอกจากปืนอัดลมไฟฟ้าในรูปแบบปืนยาวแล้ว ยังมีปืนไฟฟ้าที่เป็นปืนสั้นอีกด้วยแต่ไม่เป็นที่นิยม เพราะขนาดของโครงสร้างที่จำกัด ทำให้ระบบกลไกภายในต้องย่อขนาดลงตามไปด้วย และความแรงในการยิงจะค่อนข้างเบากว่าปืนอัดแก๊ส

## 2.2 Visual Basic

โปรแกรม Visual Basic (VB) เป็นโปรแกรมสำหรับพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ที่กำลังเป็นที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน โปรแกรม Visual Basic เป็นโปรแกรมที่ได้เปลี่ยนรูปแบบการเขียนโปรแกรมใหม่ โดยมีชุดคำสั่งมาสนับสนุนการทำงาน มีเครื่องมือต่าง ๆ ที่เรียกกันว่า คอนโทรล (Controls) ไว้สำหรับช่วยในการออกแบบโปรแกรม โดยเน้นการออกแบบหน้าจอแบบกราฟฟิก (Graphic) หรือที่เรียกว่า Graphic User Interface (GUI) ทำให้การจัดรูปแบบหน้าจอเป็นไปได้ง่าย และในการเขียนโปรแกรมนั้นจะเขียนแบบ Event - Driven Programming คือ โปรแกรมจะทำงานก็ต่อเมื่อเหตุการณ์ (Event) เกิดขึ้น ตัวอย่างของเหตุการณ์ได้แก่ ผู้ใช้เลื่อนเมาส์ ผู้ใช้กดปุ่มบนคีย์บอร์ด ผู้ใช้กดปุ่มเมาส์ เป็นต้น

เครื่องมือหรือคอนโทรล ต่างๆที่ Visual Basic ได้เตรียมไว้ให้ไม่ว่าจะเป็น Form Text Box Label ฯลฯ ถือว่าเป็นวัตถุ (Object ในที่นี้ขอใช้คำว่า ออบเจ็กต์) นั่นหมายความว่า ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือใดๆ ใน Visual Basic จะเป็นออบเจ็กต์ทั้งสิ้น สามารถที่จะควบคุมการทำงาน แก้ไขคุณสมบัติของออบเจ็กต์นั้นได้โดยตรง ในทุกๆ ออบเจ็กต์จะมีคุณสมบัติ (Properties) และเมธอด (Methods) ประจำตัว ซึ่งในแต่ละออบเจ็กต์ อาจจะมีคุณสมบัติและเมธอดที่เหมือน หรือต่างกันก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของออบเจ็กต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้วย Visual Basic การเขียนโค้ดจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ เรียกว่า โพรซีเดอร์ (Procedure) แต่ละโพรซีเดอร์จะประกอบไปด้วย ชุดคำสั่งที่พิมพ์เข้าไปแล้ว ทำให้คอนโทรลหรือออบเจ็กต์นั้น ๆ ตอบสนองการกระทำของผู้ใช้ ซึ่งเรียกว่าการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object Oriented Programming-OOP) แต่ Visual Basic ยังไม่ถือว่าเป็นการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุอย่างแท้จริง เนื่องจากข้อจำกัดหลายๆ อย่างที่ Visual Basic ไม่สามารถทำได้

## 2.3 Visual Basic.NET

คือเครื่องมือสำหรับพัฒนาโปรแกรมเป็นภาษาหนึ่งในกลุ่ม Microsoft Visual Studio .NET เป็นการโปรแกรมที่มีสภาพแวดล้อมแบบกราฟิกสำหรับระบบปฏิบัติการวินโดว์ (Windows Operating System) โดยมีรากฐานภาษามาจากภาษาเบสิก และทำงานบนดอทเน็ตเฟรมเวิร์ค (.Net Framework) ถูกออกแบบให้มีความสามารถในการพัฒนาโปรแกรมเชิงวัตถุอย่างแท้จริงและรองรับการออกแบบด้วย UML (Unified Modeling Language)

Visual Studio .NET คือเครื่องมือสำหรับพัฒนาโปรแกรมแบบครบวงจร เป็นการรวมเครื่องมือที่จำเป็นต่อการพัฒนาโปรแกรมอย่างครบถ้วน (IDE = Integrated Development Environment) ซึ่งรวมบริการการพัฒนาภาษาโปรแกรม บริการคลาสพื้นฐานให้นำมาใช้งานร่วมกันได้อย่างเป็นระบบ เช่น SQL Server Visual Basic.NET Visual C# Visual J# Visual C++ และ ASP .NET เป็นต้น โดยทั้งหมดทำงานอยู่บน CLR (Common Language Runtime) ที่รองรับการประมวลผลและเข้าใช้ทรัพยากรในเครื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2.4 เลเซอร์ (Laser)

ย่อมาจากคำว่า Light Amplification By Stimulated Emission of Radiationในทางฟิสิกส์ คืออุปกรณ์ที่ให้กำเนิดลำแสง ที่มีลักษณะเฉพาะ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่รวมกันระหว่างกลศาสตร์ควอนตัม (Quantum) กับอุณหพลศาสตร์ ซึ่งพลังงานแสงเลเซอร์ สามารถมีคุณสมบัติได้หลากหลาย ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการออกแบบ เลเซอร์ส่วนมากจะเป็นลำแสงที่มีขนาดเล็ก มีการเบี่ยงเบนน้อย (Low-Divergence Beam) และสามารถระบุความยาวคลื่นได้ง่าย โดยดูจากสีของเลเซอร์ ถ้าอยู่ในสเปกตรัมที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Visible Spectrum) ซึ่งเลเซอร์นี้อาจกล่าวได้ว่า เป็นการรวมพลังงานแสงที่ส่งออกมาจากหลายความยาวคลื่นเข้าด้วยกัน

เลเซอร์จะหมายรวมไปถึงการให้พลังงานผ่านทางสื่อนำแสง ซึ่งสื่อนำแสงอาจเป็นได้ทั้งของแข็ง ของเหลว ก๊าซ หรืออิเล็กตรอน(Electron)อิสระที่มีคุณสมบัติสามารถนำแสงได้ ในรูปแบบที่ง่ายที่สุด ออบติคอล คาวิตี้ (Optical cavity) จะประกอบไปด้วยกระจก 2 อัน ที่จะจัดเรียงแสงเข้าด้วยกันครั้งแล้วครั้งเล่า โดยที่แต่ละครั้งจะผ่านสื่อนำแสง โดนหนึ่งในกระจกนั้น (Output Coupler) จะส่งลำแสงออกมา

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำแสงเลเซอร์ที่ผ่านทางสื่อนำแสงจะมีความยาวคลื่นเฉพาะ และมีพลังงานเพิ่ม ซึ่งกระจกนี้จะพยายามทำให้แสงส่วนมาก สามารถผ่านทางสื่อนำแสงให้ได้ และออกมาเป็นลำแสงเลเซอร์ กระบวนการเหนี่ยวนำลำแสงเพื่อเพิ่มพลังงานนี้ จะใช้พลังงานไฟฟ้าหรือแสงในหลายความยาวคลื่น ซึ่งในการทดลองแต่ละครั้ง ความยาวคลื่นของแสงในแต่ละความยาวคลื่น จะส่งผลโดยตรงต่อคุณสมบัติ รูปร่าง และความยาวคลื่นของลำแสงเลเซอร์ที่สร้างออกมา

การค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับเลเซอร์ เกิดขึ้นครั้งแรกเมื่อเดือนพฤษภาคม ปี 1960 โดย ทีโอดอร์ ไมแมน (Theodore Maiman) ที่สถาบันวิจัย ฮิวจ์ (Hughes Research Laboratories) ทุกวันนี้เลเซอร์กลายเป็นอุตสาหกรรมที่ทำรายได้หลายพันล้านดอลลาร์ ผลผลิตจากงานวิจัยเลเซอร์ และกลายเป็นอุปกรณ์ที่มีใช้กันอย่างแพร่หลาย มีให้เห็นอย่างเช่น แผ่นดีวีดี แผ่นซีดี เครื่องเล่นดีวีดี เครื่องอ่านบาร์โค้ด อุปกรณ์ตัดโลหะด้วยเลเซอร์ ฯลฯ จะเห็นได้ว่าเลเซอร์มีการใช้กันอย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นด้านวิทยาศาสตร์ ด้านอุตสาหกรรม ด้านการแพทย์ หรือแม้กระทั่งด้านการทหาร ก็เพราะว่าเลเซอร์สามารถควบคุมความยาวคลื่นตามที่ต้องการได้

**2.4.1 คุณสมบัติของเลเซอร์**

1) มีทิศทางเดียวที่แน่นอน (Directionality) ลำแสงเลเซอร์จะขนานกันไปตลอดระยะทางไกลๆ ไม่มีการบานปลายออก ดังนั้นความเข้มของแสงเลเซอร์จะลดลงน้อยมากในระยะทางไกลๆ
2) เป็นแสงเอกรงค์ (Monochromaticity) แสงเลเซอร์มีความยาวคลื่นเพียงค่าเดียว แสงกำเนิดแสงที่เราพบเห็นในชีวิตประจำวัน เช่น หลอดไฟฟ้า และ ดวงอาทิตย์จะเป็นแสงสีขาว ถ้าให้แสงสีขาวนี้ผ่านปริซึม จะเห็นแถบสีต่างๆเรียงกันอย่างต่อเนื่องจากสีม่วงถึงสีแดง เรียกว่า แถบสเปกตรัมของแสงเลเซอร์ เช่น เลเซอร์ฮีเลียม- นีออน เมื่อให้แสงสีแดงของเลเซอร์ฮีเลียม-นีออนผ่านปริซึม จะไม่มีการแยกเป็นหลายเส้นแต่ยังคงมีเพียง 1 เส้นที่มีความยาวคลื่น 632.8 นาโนเมตร
3) มีความเจิดจ้า (Brightness) แสงเลเซอร์มีลักษณะโดดเด่นไม่ซ้ำแหล่งกำเนิดแสงชนิดอื่นในเชิงความเข้มสูง และเมื่อลำแสงตกกระทบวัตถุก็เกิดจุดเลเซอร์ขึ้น (Laser Speckle) โดยเฉพาะเมื่อวัตถุนั้นมีความหยาบ หรือแม้แต่ในบรรยากาศที่มีฝุ่นละอองหรือควันซึ่งเป็นอนุภาคแขวนลอยอยู่อย่างไร้จุดหมาย ทั้งนี้เนื่องจากแสงเลเซอร์เกิดการสะท้อนแบบไม่มีทิศทางกับอนุภาค หรือผิวของวัตถุ และเกิดการแทรกสอดของลำแสง ทำให้เกิดความระยิบระยับขึ้นจึงเป็นมิติของการมองเห็นโดยใช้ Laser Displays แสงเลเซอร์กำลังต่ำๆ เช่น เลเซอร์ฮีเลียม-นีออน (Helium Neon) ขนาด 1 mW ก็มีความเข้มสูงกว่าแสงพระอาทิตย์ ฉะนั้นถ้าฉายเข้าตามนุษย์โดยตรงแล้ว จะเป็นอันตรายต่อนัยน์ตาถึงตาบอดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) มีความเป็นอาพันธ์ (Coherence) หลอดไฟฟ้าที่เปล่งแสงประกอบด้วยอะตอมที่เล็กจำนวนมาก โดยแต่ละอะตอมจะทำหน้าที่เป็นต้นกำเนิดแสง ดังนั้นแต่ละอะตอมก็ปล่อยแสงออกมาอย่างอิสระซึ่งกันและกัน แสงที่ถูกปล่อยออกมาจากหลอดไฟจึงมีเฟส และความยาวคลื่นต่างๆกัน ยิ่งกว่านั้นแต่ละคลื่นที่ถูกปล่อยออกมามีทิศทางไม่แน่นอน หรือการสุ่มแสงจากแหล่งต้นกำเนิดแสงธรรมดาโดยทั่วไปจะเรียกว่า แสงอินโคฮีเรนต์ (Incoherence Light) ต้นกำเนิดของแสงเลเซอร์นอกจากจะให้แสงสีเดียวทุกๆ คลื่นของแสงเลเซอร์จะมีเฟสเดียวกันหมด ดังนั้นแสงเลเซอร์จึงเรียกว่า แสงโคฮีเรนต์ (Coherence Light)

## 2.5 ทฤษฎีการมองเห็นสีของมนุษย์

### 2.5.1 สี (Color)

สีคือการรับรู้ความถี่ (หรือความยาวคลื่น) ของแสง ในทำนองเดียวกันกับที่ระดับเสียง (หรือโน้ตดนตรี) คือการรับรู้ความถี่หรือความยาวคลื่นของเสียง

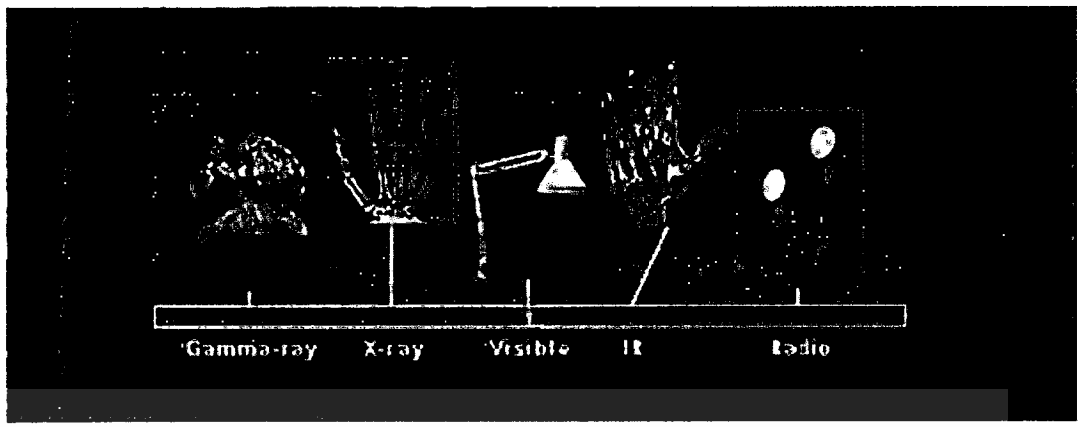
มนุษย์สามารถรับรู้สีได้เนื่องจากโครงสร้างอันละเอียดอ่อนของดวงตาซึ่งมีความสามารถในการรับรู้แสงในช่วงความถี่ที่ต่างกัน การรับรู้สีนั้นขึ้นกับปัจจัยทางชีวภาพ (คนบางคนตาบอดสี ซึ่งหมายถึงคนคนนั้นเห็นสีบางค่าต่างจากคนอื่นหรือไม่สามารถแยกแยะสีที่มีค่าความอิ่มตัวใกล้เคียงกันได้ หรือแม้กระทั่งไม่สามารถเห็นสีได้เลยมาแต่กำเนิด), ความทรงจำระยะยาวของบุคคลผู้นั้น และผลกระทบระยะสั้น เช่น สีที่อยู่ข้างเคียง

บางครั้งเราเรียกแขนงของวิชาที่ศึกษาเรื่องของสีว่า รงคศาสตร์ วิชานี้จะครอบคลุมเรื่องของการรับรู้ของสีโดยดวงตาของมนุษย์, แหล่งที่มาของสีในวัตถุ, ทฤษฎีสีในวิชาศิลปะและฟิสิกส์ของสีในสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า

### 2.5.2 แสง (Light)

เป็นจุดเริ่มต้นของการมองเห็น มีความสำคัญต่องานออกแบบทัศนศิลป์ เพราะถ้าปราศจากแสง ก็จะไม่เห็นภาพใด ๆ และถ้าไม่เห็นภาพ ก็ไม่มีศิลปะที่มองเห็นได้ (Visual Art) ผลของแสง จะทำให้มนุษย์ รับรู้สิ่งต่าง ๆ เช่น สี เส้น รูปร่าง รูปทรง น้ำหนัก พื้นผิว อันเป็นส่วนประกอบของการ ออกแบบทัศนศิลป์ (Element of Art) และที่สำคัญที่สุด ก็คือ แสงเป็นแหล่งกำเนิดของสี ที่นำไปสู่ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมากมาย แสงและสี จะมีความสัมพันธ์กันตลอดเวลา การศึกษาเรื่องสี ต้องศึกษาเรื่องแสง ประกอบด้วยรังสีแกมมา (Gamma Rays), รังสีเอกซ์ (X-Rays), แสงอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet), แสงสีที่มองเห็นได้ (Visible Color), แสงอินฟราเรด (Infrared), คลื่นไมโครเวฟ (Microwave)

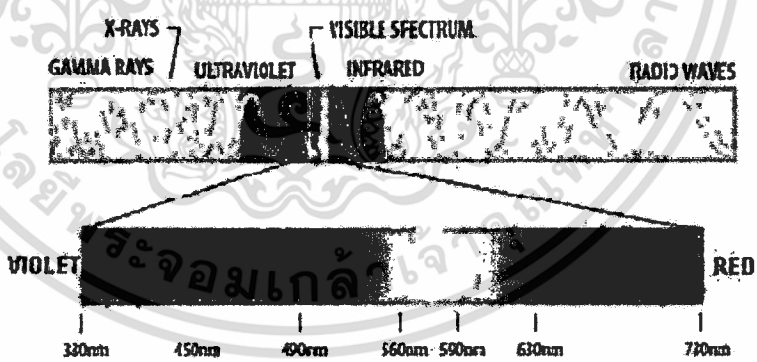
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูป 2.1 ลักษณะของรังสีแบบต่างๆ**

**2.5.3 คลื่นวิทยุ (Radio Frequency)**

คลื่นเหล่านี้เรียกรวมว่า Electromagnetic Spectrum โดยแต่ละคลื่น จะมี ความยาวคลื่นต่างกัน โดยคลื่นวิทยุมีความยาวที่สุด คือตั้งแต่ 1 มิลลิเมตร จนถึงหลายกิโลเมตร และรังสีแกมมามีความยาวน้อยที่สุด คือมีความยาวน้อยกว่า 0.1 นาโนมิเตอร์ (1/10,000,000,000 เมตร) ตาของมนุษย์ สามารถรับรู้ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า อยู่ในช่วงแคบ ๆ คือ ช่วงระหว่าง 780 - 380 นาโนมิเตอร (nm.) ซึ่งช่วงนี้เรียกว่า ช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ (Visible Spectrum / Visible Light) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า "แสง" (Light) นั่นเอง



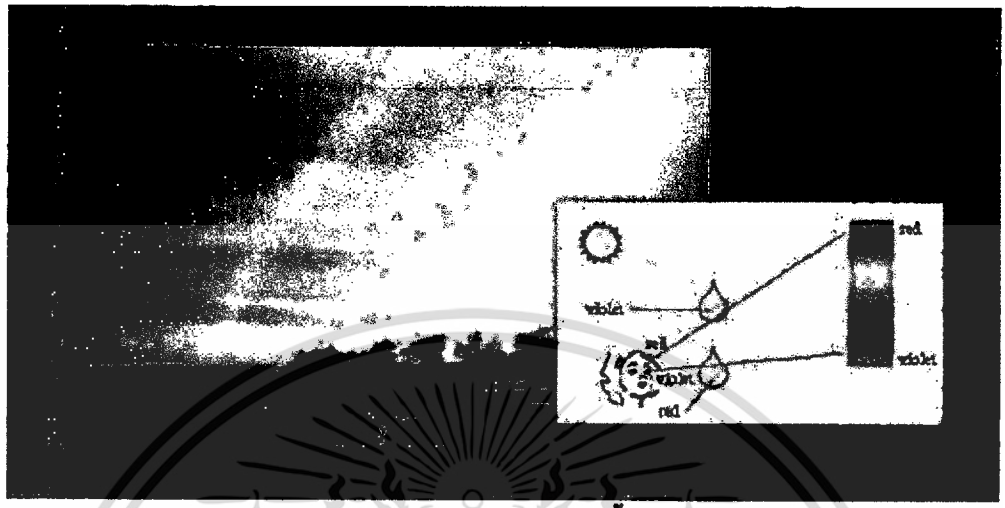

**รูป 2.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงที่มนุษย์มองเห็นได้**

แสงที่มนุษย์มองเห็นได้นี้มองเห็นเป็นแสงสีขาว (Light White) ซึ่งที่จริงแล้วแสงสีขาวนี้ประกอบไปด้วยสีจำนวน 7 สี โดยการค้นพบของ เซอร์ ไอแซค นิวตัน ในปีค.ศ.1661

โดย เซอร์ ไอแซค นิวตัน พบว่าแสงอาทิตย์มีสีต่างๆ รวมกันอยู่ เมื่อให้แสงอาทิตย์ส่องผ่านแท่งแก้ว รูปสามเหลี่ยม (Prism) แสงที่ผ่าน ออกมาอีกด้านหนึ่ง จะมี 7 สี ดังที่เห็นในสีรุ้งกินน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซอร์ ไอแซค นิวตัน จึงได้กำหนดชื่อไว้ดังนี้ Red, Yellow, Orange, Green, Blue, Indigo,Violet หรือเรียกเป็นชื่อย่อว่า ROY G BIV




**รูป 2.3 การเกิดรุ้งกินน้ำ**

แสงที่มองเห็นเป็นสีต่างๆนี้เกิดจากความยาวคลื่นและความถี่ที่ต่างกัน โดยความยาวคลื่น (Wavelength) เป็นตัวกำหนดสี (Hue) และ Amplitude เป็นตัวกำหนดความสว่างของสี (Brightness) ความยาวคลื่นของสีที่ที่มองเห็นมีดังนี้

แสงสีม่วง (Violet) 380 - 450 nm.

แสงสีน้ำเงิน (Blue) 450 - 490 nm.

แสงสีเขียว (Green) 490 - 560 nm.

แสงสีเหลือง (Yellow) 560 - 590 nm.

แสงสีส้ม (Orange) 590 - 630 nm.

แสงสีแดง (Red) 630 - 780 nm.

**2.5.4 องค์ประกอบการมองเห็น (Vision Properties)**

1) สีที่มองไม่เห็น (Invisible Colors) ของแสงอาทิตย์ส่องมายังลูกแอปเปิลสีแดง
2) ผิวของลูกแอปเปิลสีแดงดูดซึมสีของแสงทั้งหมด ยกเว้น สีแดงและสะท้อนหรือส่งต่อสีแดงนี้มาสู่ตามนุษย์
3) ส่วนรับภาพ (Photoreceptors) ของมนุษย์รับแสงสีแดงนี้และส่งไปยังสมองเพื่อประมวลผลการรับรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 AForge.NET

AForge.NET เป็นเฟรมเวิร์ค (Framework) สำหรับภาษา C# ที่เป็น open source ที่ถูกพัฒนาให้สามารถนำไปใช้งานทางด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer vision) และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence หรือ AI ได้แก่ การประมวลผลภาพ (Image Processing) โครงข่ายประสาทเทียม (neural network) การประยุกต์ใช้พันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (Genetic Algorithms หรือ GA) การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) เป็นต้น สำหรับเฟรมเวิร์คใน AForge.NET จะประกอบด้วยชุดของไลบรารี (Library) รวมถึงตัวอย่างการใช้งาน ได้แก่

| | |
|---|---|
| AForge.Imaging | เป็นไลบรารีสำหรับใช้งานในด้านการประมวลผลภาพ |
| AForge.Vision | เป็นไลบรารีสำหรับใช้งานในด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์ |
| AForge.Video | เป็นไลบรารีสำหรับใช้งานในด้านการประมวลผลวิดีโอ |
| AForge.Neuro | เป็นไลบรารีสำหรับใช้งานในด้านโครงข่ายประสาทเทียม |
| AForge.MachineLearning | เป็นไลบรารีสำหรับใช้งานการเรียนรู้ของเครื่อง |

## 2.7 ทฤษฎีบทพีทาโกรัส

ในวิชาคณิตศาสตร์ ทฤษฎีบทพีทาโกรัส แสดงความสัมพันธ์ในเรขาคณิตแบบยุคลิด ระหว่างด้านทั้งสามของสามเหลี่ยมมุมฉากกำลังสองของด้านตรงข้ามมุมฉากเท่ากับผลรวมของกำลังสองของอีกสองด้านที่เหลือ ในแง่ของพื้นที่ กล่าวไว้ดังนี้

**"ในสามเหลี่ยมมุมฉากใดๆ พื้นที่ของสี่เหลี่ยมที่มีด้านเป็นด้านตรงข้ามมุมฉากเท่ากับผลรวมพื้นที่ของสี่เหลี่ยมที่มีด้านเป็นด้านประชิดมุมฉากของสามเหลี่ยมมุมฉากนั้น"**

ทฤษฎีบทดังกล่าวสามารถเขียนเป็นสมการสัมพันธ์กับความยาวของด้าน a, b และ c ได้ ซึ่งมักเรียกว่า สมการพีทาโกรัส ดังด้านล่าง

$$C^2 = A^2 + B^2 \tag{2.1}$$

โดยที่ $C$ เป็นความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก และ $A$ และ $B$ เป็นความยาวของอีกสองด้านที่เหลือ

ทฤษฎีบทพีทาโกรัสตั้งตามชื่อนักคณิตศาสตร์ชาวกรีกพีทาโกรัส ซึ่งถือว่าเป็นผู้ค้นพบทฤษฎีบทและการพิสูจน์ แม้จะมีการแย้งบ่อยครั้งว่า ทฤษฎีบทดังกล่าวมีมาก่อนหน้าเขาแล้ว มีหลักฐานว่านักคณิตศาสตร์ชาวบาบิโลนเข้าใจสมการดังกล่าว แม้ว่าจะมีหลักฐานหลงเหลืออยู่น้อยมากว่าพวกเขาปรับให้มันพอดีกับกรอบคณิตศาสตร์

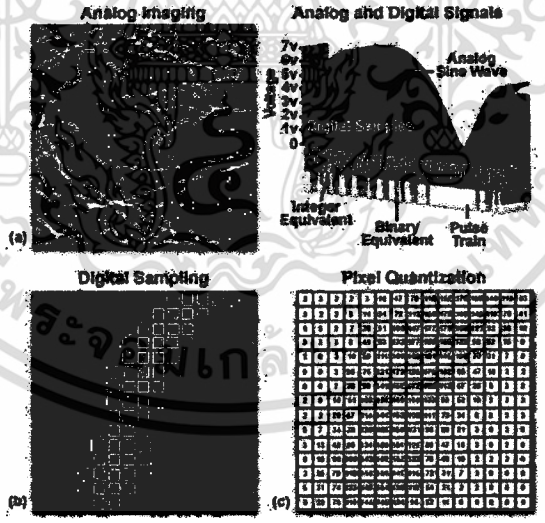
ทฤษฎีบทดังกล่าวเกี่ยวข้องกับทั้งพื้นที่และความยาว ทฤษฎีบทดังกล่าวสามารถสรุปได้หลายวิธี รวมทั้งปริภูมิมิติที่สูงขึ้น ไปจนถึงปริภูมิที่มิใช่แบบยุคลิด ไปจนถึงวัตถุที่ไม่ใช่สามเหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุมฉากและอันที่จริงแล้วไปจนถึงวัตถุที่ไม่ใช่สามเหลี่ยมเลยก็มี แต่เป็นทรงตัน n มิติ ทฤษฎีบทพีทาโกรัสดึงดูดความสนใจจากนักคณิตศาสตร์เป็นสัญลักษณ์ของความยากจะเข้าใจในคณิตศาสตร์ ความขลังหรือพลังปัญญา มีการอ้างถึงในวัฒนธรรมสมัยนิยมมากมายทั้งในวรรณกรรม ละคร ละครเพลง เพลง แสตมป์และการ์ตูน

## 2.8 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการประมวลผลภาพดิจิทัล

การประมวลผลภาพดิจิทัลเกี่ยวข้องกับการแปลงข้อมูลรูปที่เป็นสัญญาณแอนะล็อก (Analogue Signal) ให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal) เพื่อใช้ในการประมวลผลผ่านทางคอมพิวเตอร์ได้ และยังนำมาใช้ในการลดปัญหาของภาพ เช่น ลดสัญญาณรบกวนภายในภาพ เป็นต้น ในการแปลงภาพให้เป็นสัญญาณดิจิทัลนั้น ระบบจะนำรูปที่รับเข้ามาไปคำนวณโดยกระบวนการ Sampling และ Quantization และส่งข้อมูลออกมาในรูปแบบดิจิทัล จากนั้นคอมพิวเตอร์จะเก็บข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ โดยการจองหน่วยความจำภายในเครื่องในรูปแบบของอาร์เรย์ โดยค่าในแต่ละช่องของ อาร์เรย์แสดงถึงคุณสมบัติต่างๆของรูปที่จุดของภาพนั้นๆ และตำแหน่งของช่อง อาร์เรย์ก็เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของจุดภาพภายในภาพด้วย

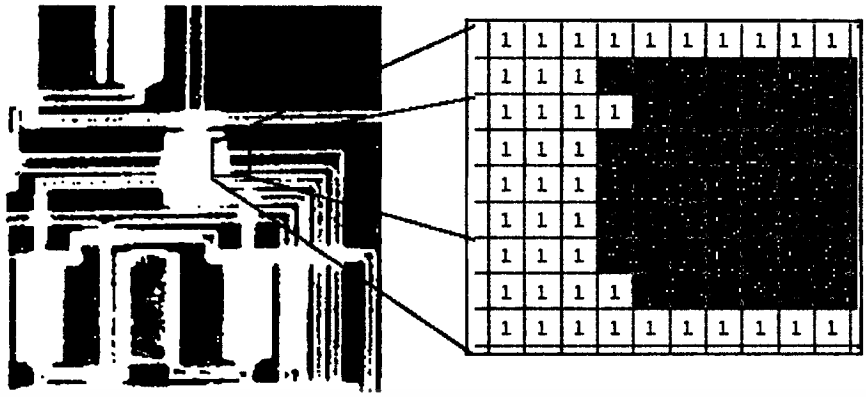



**รูป 2.4 การแปลงภาพแอนะล็อกให้เป็นภาพดิจิทัล**

ภาพดิจิทัลที่ได้จะมีรูปแบบการเก็บเป็นเมทริกซ์ ซึ่งจะมีการจัดเก็บภาพแต่ละชนิดต่างกันขึ้นอยู่กับระบบสีของภาพดังกล่าว โดยแบ่งชนิดของภาพได้ดังนี้

**Binary image** หรือ ภาพขาว-ดำ เป็นรูปที่ใช้เนื้อที่เพียง 1 บิตต่อจุดภาพ โดยค่า1สีจะมีแค่สองค่า คือ 0 หรือสีดำและ 1 หรือสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



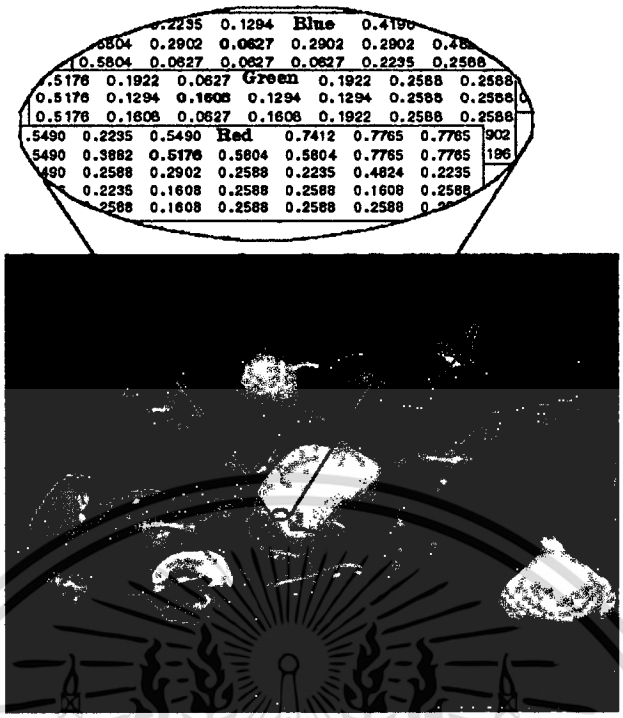

**รูป 2.5 ภาพแบบ Binary หรือ ภาพขาว-ดำ**

**Grayscale Image** เป็นรูปที่เก็บโดยใช้รูปแบบของอาร์เรย์ (Array) 2 มิติ โดยค่าที่เก็บจะมีค่าอยู่ในช่วงๆหนึ่ง ซึ่งระดับของสีขึ้นอยู่กับขนาดของบิตที่ใช้เก็บค่าสี

**รูป 2.6 ภาพแบบ Grayscale หรือ ภาพระดับเทา**

**RGB Image** หรือ True color Image เป็นรูปที่เก็บโดยใช้อาร์เรย์ 3 มิติ ขนาด m x n x 3 โดยที่ m คือความยาว และ n คือความกว้างของภาพในหน่วยจุดภาพ ส่วนมิติสุดท้ายนั้น ในแต่ละมิติจะเก็บค่าสีแยกกัน คือสีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูป 2.7 ภาพแบบ RGB

**Indexed Image** เป็นรูปที่มีรูปแบบการเก็บแบบ indexed คือ ภาพประเภทนี้จะเก็บค่าสีเป็น indexed และในแต่ละช่องอาร์เรย์ จะเก็บตำแหน่งของสีใน indexed นั้นๆไว้

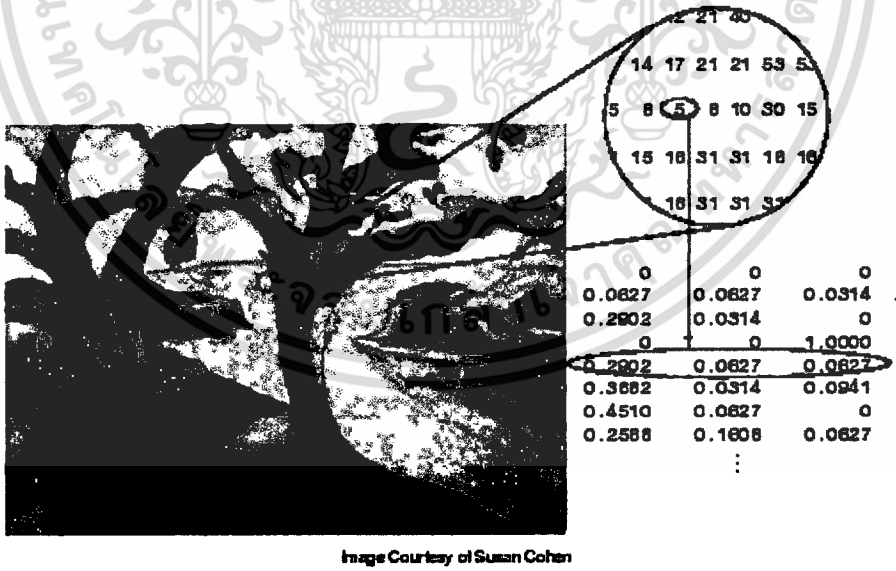



Image Courtesy of Susan Cohen

รูป 2.8 ภาพแบบ Indexed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

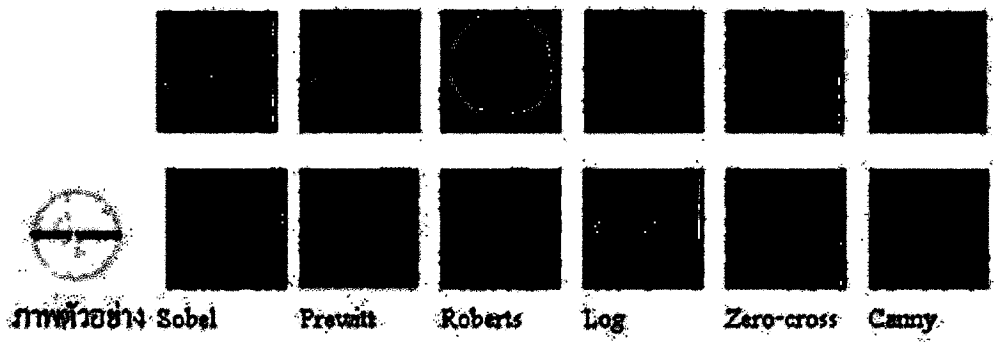
## 2.9 การหาขอบภาพ

การหาขอบภาพ (Edge detection) [6]คือ การหาเส้นรอบวัตถุที่อยู่ในภาพ โดยเมื่อทราบเส้นรอบ วัตถุ จะสามารถคำนวณหาขนาดของพื้นที่หรือจดจำชนิดของวัตถุนั้นได้ ซึ่งขอบภาพเกิดจากความแตกต่างของความเข้มแสงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยมักวัดจากการเปลี่ยนแปลงของความเข้มในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับจุดดังกล่าว ถ้าหากความแตกต่างนั้นมีค่ามากขอบภาพก็จะเห็นได้ชัดเจน ถ้าความแตกต่างมีค่าน้อย ขอบภาพก็จะไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตาม การหาขอบภาพที่ถูกต้องสมบูรณ์นั้นเป็นเรื่องที่มีความยุ่งยากพอสมควร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การหาขอบของภาพที่มีคุณภาพต่ำ วิธีการหาขอบภาพนั้นมีหลายวิธี แต่สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ

1) Gradient method หรือ การตรวจหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับหนึ่ง (First Order Derivative) ซึ่งวิธีนี้จะหาขอบโดยการหาจุดต่ำสุดและจุดสูงสุดในรูปของอนุพันธ์อันดับหนึ่งของภาพ โดยจุดที่เป็นขอบจะอยู่ในส่วนที่เหนือค่า Threshold ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ ได้แก่ Roberts, Prewitt, Sobel และ Canny เป็นต้น
2) Laplacian method หรือ การตรวจหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับสอง (Second Order Derivative) ซึ่งวิธีนี้จะใช้จุดที่ค่า y เป็น 0 (Zero crossing) ซึ่งใช้เวลาในการคำนวณมากกว่า Gradient method ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ ได้แก่ Laplacian of Gaussian และ Marrs-Hildreth เป็นต้น

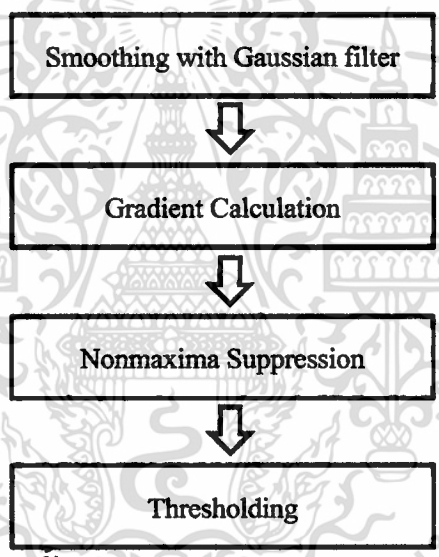
โปรแกรม Matlab สามารถช่วยในการหาขอบภาพ ซึ่งมีคำสั่งที่ใช้ในการหาขอบทั้งหมด 6 วิธี คือ Roberts, Sobel, Canny, Laplacian of Gaussian, zero cross และ Prewitt งานวิจัยตัวอย่างนี้ได้เลือกวิธี Canny ในการหาขอบภาพ เนื่องจากวิธีดังกล่าวมีการใช้ Gaussian filter ก่อนการหาขอบจึงสามารถควบคุมระดับความละเอียดของขอบที่ต้องการและสามารถลดสัญญาณรบกวนได้อีกด้วย ทำให้สามารถตัดขั้นตอนการประมวลผลภาพเบื้องต้น(preprocessing) ตัวอย่างภาพที่ผ่านการหาขอบทั้ง 6 วิธีโดยใช้โปรแกรม Matlab เป็นดังแสดงในภาพที่ด้านล่าง ซึ่งจากรูปตัวอย่างจะพบว่าการหาขอบภาพ ด้วยวิธี Canny จะให้รายละเอียดภายในวัตถุได้ดีที่สุดและใช้ได้ในกรณีที่ความแตกต่างของสีมีน้อยเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูป 2.9 ตัวอย่างการหาขอบภาพโดยใช้ Edge Detector แบบต่างๆ**

Canny Edge Detection Algorithm ขั้นตอนการหาขอบโดยวิธีของ Canny ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังภาพ




**รูป 2.10 ขั้นตอนของ Canny Edge Detection**

การทำงานของ Canny Edge Detection นั้นเริ่มต้นจากการปรับภาพให้เรียบ (Smoothing) ด้วยตัวกรองเกาเซียน (Gaussian filter) เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน หลังจากนั้น คำนวณค่าขนาด (magnitude) และทิศทาง (orientation) ของ gradient โดยใช้การหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง ในถัดมาจึงใช้ nonmaxima suppression กับ gradient magnitude เพื่อทำให้ได้ขอบที่บางลง และในขั้นตอนสุดท้ายใช้ double thresholding algorithm เพื่อระบุพิกเซลที่เป็นขอบและช่วยเชื่อมต่อขอบ (Green, Bill 2002; ION528 - Image processing algorithms 2005; Canny Operator Links 2005; Rubino, Matthew 2005) โดยในแต่ขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.9.1 Smoothing**

ในขั้นตอนแรกของการหาขอบโดยอัลกอริทึมนี้จะต้องกำจัดสัญญาณรบกวนออกก่อน โดยใช้ Gaussian filter ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการใช้กรอบ (mask) ขนาดเล็ก ขนาดของ Gaussian mask นี้หากมีขนาดกว้างจะมีผลทำให้ลดสัญญาณรบกวนได้มาก แต่ถ้ากว้างมากเกินไป จะมีผลทำให้ขอบย่อยๆ ที่เป็นส่วนรายละเอียดนั้นหายไป

**2.9.2 Gradient Calculation**

ในขั้นแรกนำ smoothing image S[i, j] มาสร้าง x, y partial derivatives P[i, j] และ Q[i, j] ตามลำดับ

$$P[i, j] \approx (S[i, j+1] - S[i, j] + S[i+1, j+1] - S[i+1, j]) / 2$$

$$Q[i, j] \approx (S[i, j] - S[i+1, j] + S[i, j+1] - S[i+1, j+1]) / 2$$

หลังจากนั้นนำค่า x , y partial derivatives มาคำนวณด้วยสูตรมาตรฐานสำหรับการแปลงรูปแบบจาก rectangular ไปเป็น polar (rectangular-to-polar conversion) เพื่อหาขนาดและทิศทางของ gradient

**2.9.3 Nonmaxima Suppression**

สำหรับการหาขอบโดย Canny method จุดที่ถือเป็นเส้นขอบได้นั้นต้องเป็นจุดที่ให้ค่าสูงสุดเฉพาะที่และเป็นทิศทางเดียวกับ gradient ด้วย ซึ่งด้วยวิธีดังกล่าวนี้ทำให้ได้ขอบที่บางเพียง 1 พิกเซล ภาพที่ได้หลังการทำ Nonmaxima Suppression จะให้ค่าเป็นศูนย์ในทุกจุดยกเว้นจุดที่เป็น local maxima points ซึ่งจะยังคงค่าเดิมไว้

**2.9.4 Thresholding**

แม้ว่าภาพจะผ่านการ smoothing ในขั้นตอนแรกแล้วก็ตาม ภาพที่ได้อาจยังมีเส้นขอบที่ไม่ใช่ขอบที่แท้จริงปรากฏอยู่อันเนื่องจากสัญญาณรบกวนหรือลักษณะของวัตถุในภาพเป็นพื้นผิวที่มีลวดลายหรือมีรายละเอียดภายในมาก ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการกำหนดค่า threshold ขึ้นมา 2 ค่า คือ high threshold (T1) และ low threshold (T2) โดยพิกเซลที่มีค่ามากกว่า T1 จะถูกปรับเป็น 1 (เป็นพิกเซลที่เป็นขอบ) แต่ถ้าน้อยกว่า T2 จะถูกปรับเป็น 0 ส่วนค่าที่อยู่ระหว่างค่า threshold ทั้งสอง การปรับเป็นค่า 0 หรือ 1 นั้นขึ้นอยู่กับพิกเซล(Pixel)ที่อยู่รอบข้าง หากพบว่าพิกเซลที่อยู่รอบข้างของพิกเซลที่เป็นขอบ (ค่า >T1) มีค่ามากกว่า T2 แล้ว จะปรับค่าพิกเซลดังกล่าวให้มีค่าเป็น 1 และถือเป็นสมาชิกหนึ่งในภาพขอบด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.10 ระบบสี HSL

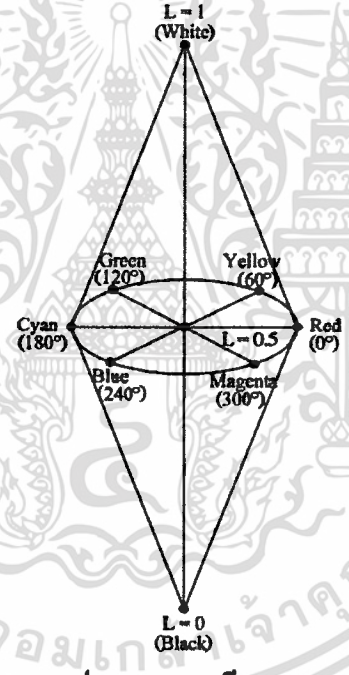
ระบบสีแบบ HSL (Hue Saturation Lightness) พัฒนาโดย Teletromix Incorporated จะมีลักษณะคล้ายกับ HSV ดังนี้คือสีของระบบจะขึ้นอยู่กับ Hue, Saturation และ Lightness โดยที่

Hue (H) คือค่าของสีหลักซึ่งมีสีแดงอยู่ที่ 0 องศา สีเขียวอยู่ที่ 120 องศาและสีน้ำเงินอยู่ที่ 240 องศา

Saturation (S) คือความบริสุทธิ์ของสี

Lightness (L) คือค่าความสว่าง ซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามแนวแกน L โดยที่ L เท่ากับ 0 จะเป็นสีดำ L เท่ากับ 1 จะเป็นสีขาว

ซึ่งระบบสี HSL ที่มีส่วนประกอบของค่า Hue, Saturation และ Lightness นั้นสามารถแสดงโครงสร้าง 3 มิติได้ดังรูป 2.11




รูป 2.11 ระบบสี HSL

### 2.10.1 การแปลงค่าจากระบบสี RGB เป็น HSL

#### 2.10.1.1 ค่าสี (Hue)

1) หาค่าที่มากที่สุดระหว่างค่า R G และ B (M = max (R,G,B))

2) หาค่าที่น้อยที่สุดระหว่างค่า R G และ B (m = min(R,G,B))

3) หาค่าที่แตกต่างกันระหว่างค่าที่มากที่สุดและค่าที่น้อยที่สุด ( C = M – m )

4) หาค่า H' จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H' = \begin{cases} \text{undefined}, & C = 0 \\ \frac{G-B}{C} \bmod 6, & M = R \\ \frac{B-R}{C} + 2, & M = G \\ \frac{R-G}{C} + 4, & M = B \end{cases} \quad (2.2)$$

5) คำนวนค่าสี (Hue) จาก H = H' x 60

**2.10.1.2 ค่าความสว่าง (Lightness)**

คำนวณได้จากสมการ

$$L = \frac{1}{2}(M+m) \quad (2.3)$$

โดยที่ค่า M และ m ได้จากการคำนวณค่าสีในหัวข้อ 2.10.1.1

**2.10.1.3 ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation)**

คำนวณได้จากสมการ

$$S = \begin{cases} 0, & C = 0 \\ \frac{C}{1-|2L-1|}, & C \neq 0 \end{cases} \quad (2.4)$$

โดยที่ค่า C ได้จากการคำนวณค่าสีในหัวข้อ 2.10.1.1 และ ค่า L ค่าความสว่างจากหัวข้อ 2.10.1.2

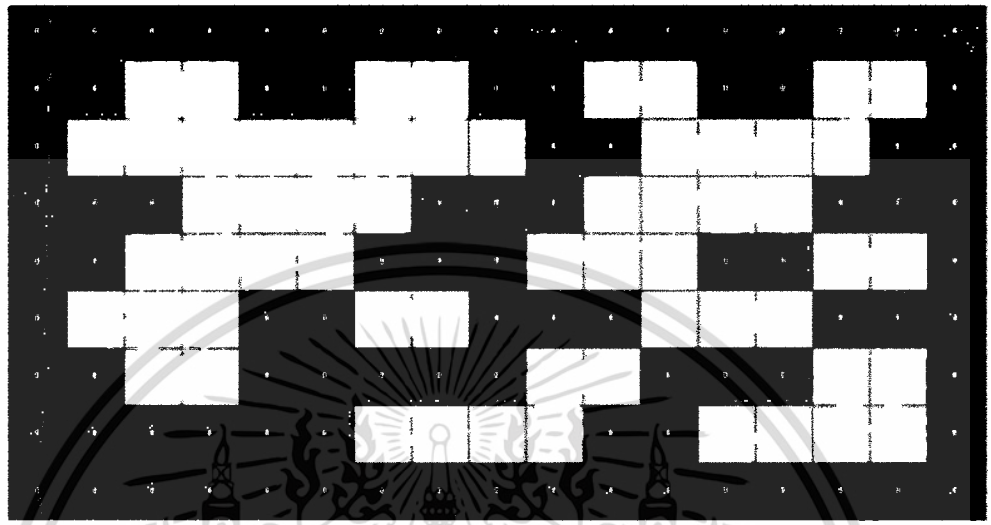
## 2.11 Blob Counter Algorithm

เป็น Algorithm ที่ใช้สำหรับหา Object ที่แตกต่างจากพื้นหลังในภาพซึ่งจะแยกแต่ละ Object ที่ไม่มีขอบติดต่อกันออกเป็นส่วน ๆ โดยก่อนจะใช้งานจะต้องมีการกำหนดค่าของ Background Threshold เพื่อใช้กำหนดว่าสิ่งไหนในภาพเป็นวัตถุหรือพื้นหลัง โดยค่าของจุดภาพที่กำลังพิจารณามีค่าสูงกว่าค่า Background Threshold จะถือว่าจุดภาพนั้น ๆ เป็น "วัตถุ" แต่หากค่าของจุดภาพที่กำลังพิจารณามีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับค่า Background Threshold จะถือว่าจุดภาพนั้น ๆ เป็น "พื้นหลัง" หลังจากที่สามารถกำหนดได้ว่าจุดภาพไหนเป็น "วัตถุ" หรือ "พื้นหลัง" แล้วขั้นตอนต่อไปคือหาวัตถุที่มีพื้นที่ติดต่อกัน โดยใช้ Connected Components Labeling Algorithm ซึ่งจะมีการตรวจสอบค่าของแต่ละ Pixel ทั้งหมด 2 รอบ รอบแรกจะทำการกำหนดค่า Label ให้แต่ละ Pixel ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

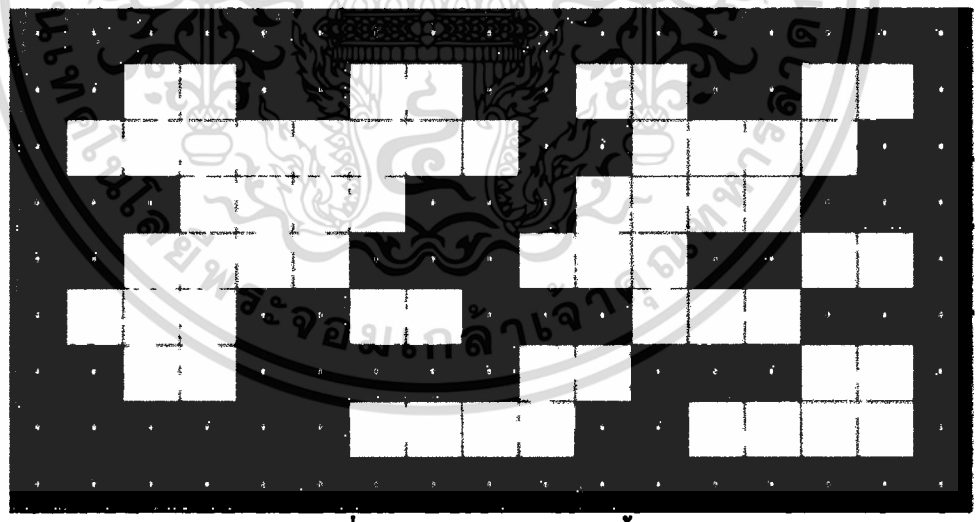
ไม่ใช่พื้นหลัง และรอบที่สองจะทำการรวมพื้นที่ที่มี Pixel ติดต่อกันเป็น Label เดียวกันโดยที่รอบแรกจะมีขั้นตอนดังนี้

1) ตรวจสอบแต่ละ Pixel ในภาพ



**รูป 2.12 ตัวอย่างในการทำ Connected Compenents Labeling Algorithm**

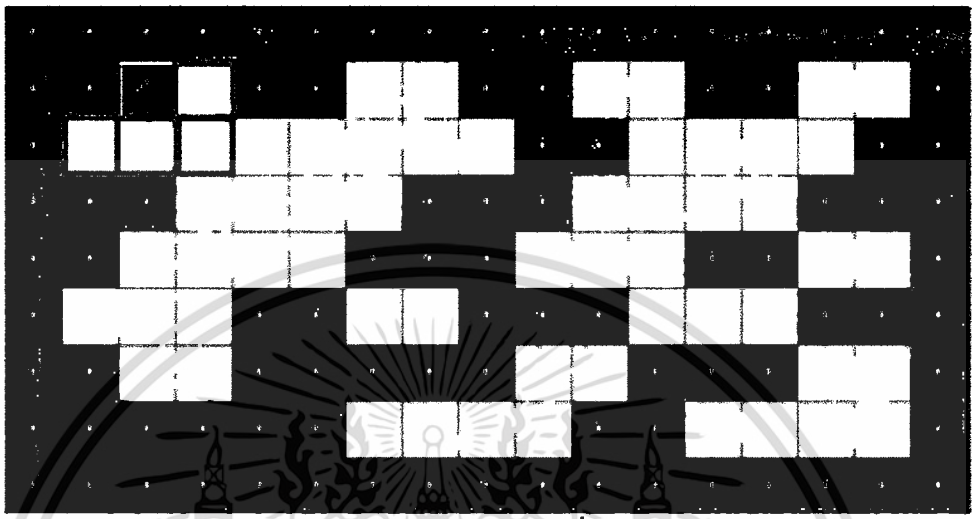
2) ตรวจสอบว่า Pixel ที่กำลังตรวจสอบไม่ใช่พื้นหลัง



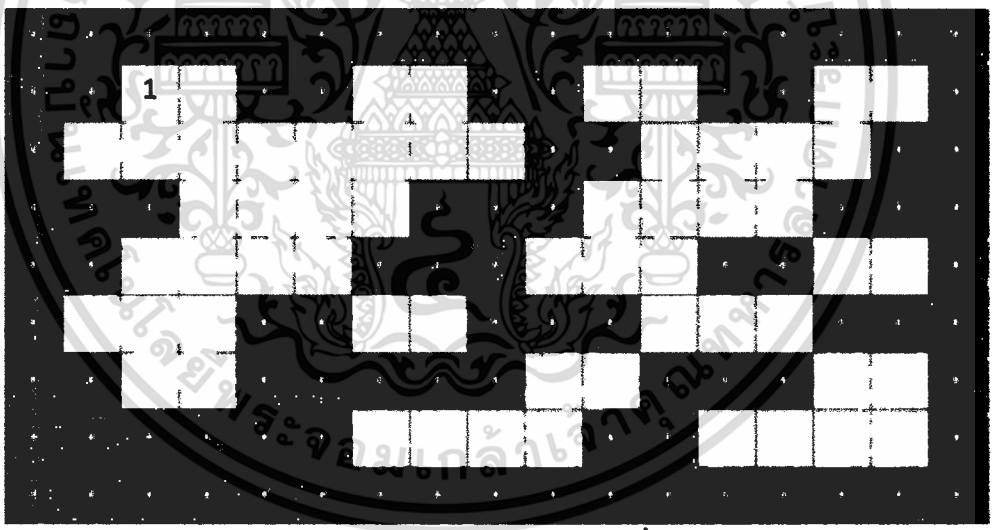
**รูป 2.13 จุดที่กำลังตรวจสอบไม่เป็นพื้นหลัง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ตรวจสอบ Pixel รอบข้างว่ามีการกำหนดค่า Label ให้หรือยังหากกำหนดแล้วให้กำหนดค่า Label ของ Pixel ปัจจุบันตามค่าที่ได้ แต่หากยังไม่มีการกำหนดค่า Label ให้กำหนดค่าขึ้นใหม่



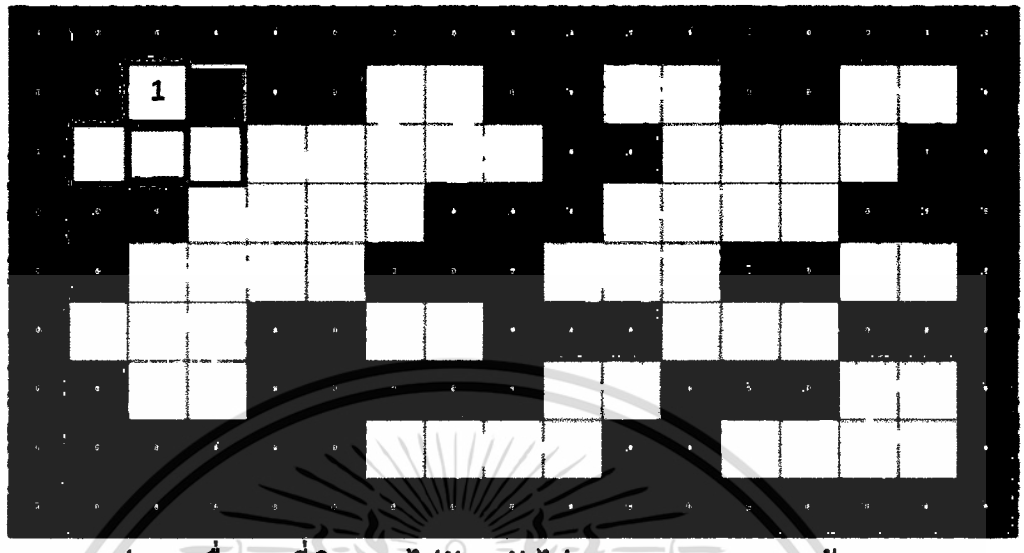
รูป 2.14 ตรวจสอบ Pixel รอบ ๆ จุดที่กำลังพิจารณา



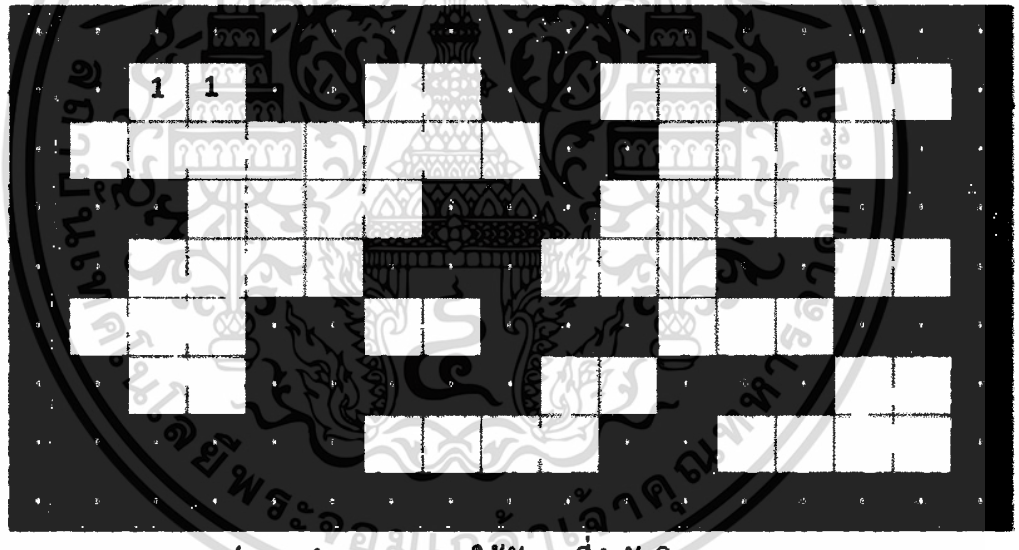

รูป 2.15 กำหนด Label ใหม่ให้กับ Pixel ที่พิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ทำซ้ำในข้อ 1-3 จนกว่าจะครบทุก Pixel

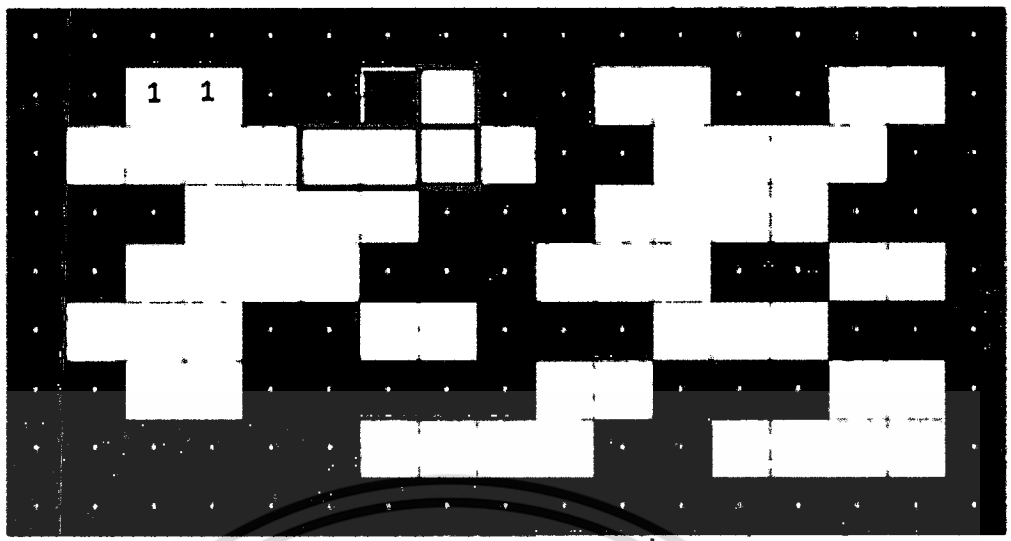



รูป 2.16 เลื่อนจุดที่พิจารณาไปยังจุดถัดไปและตรวจสอบจุดรอบข้าง

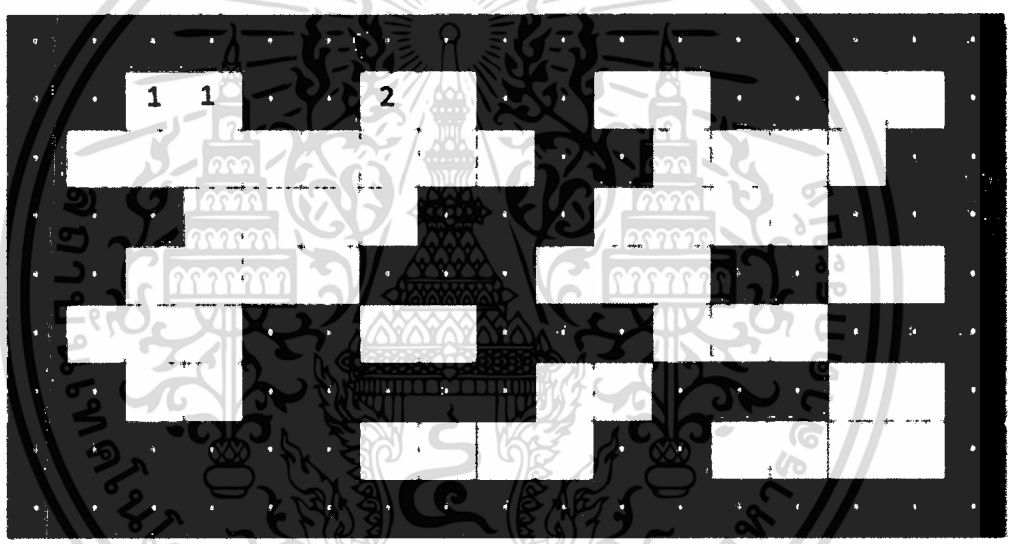



รูป 2.17 กำหนด Label ให้กับจุดที่กำลังพิจารณา

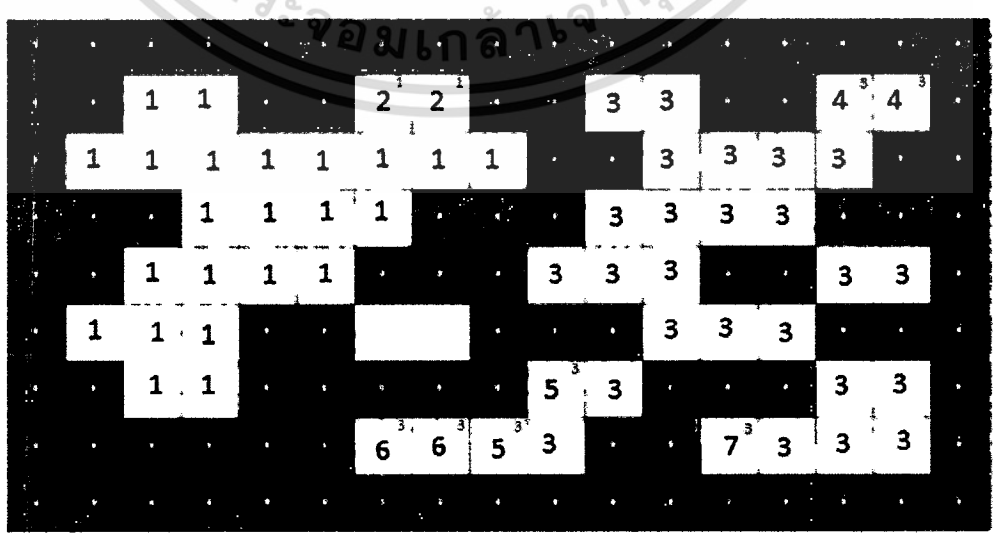
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูป 2.18 ตรวจสอบ Pixel รอบข้างของ Pixel ที่กำลังพิจารณา



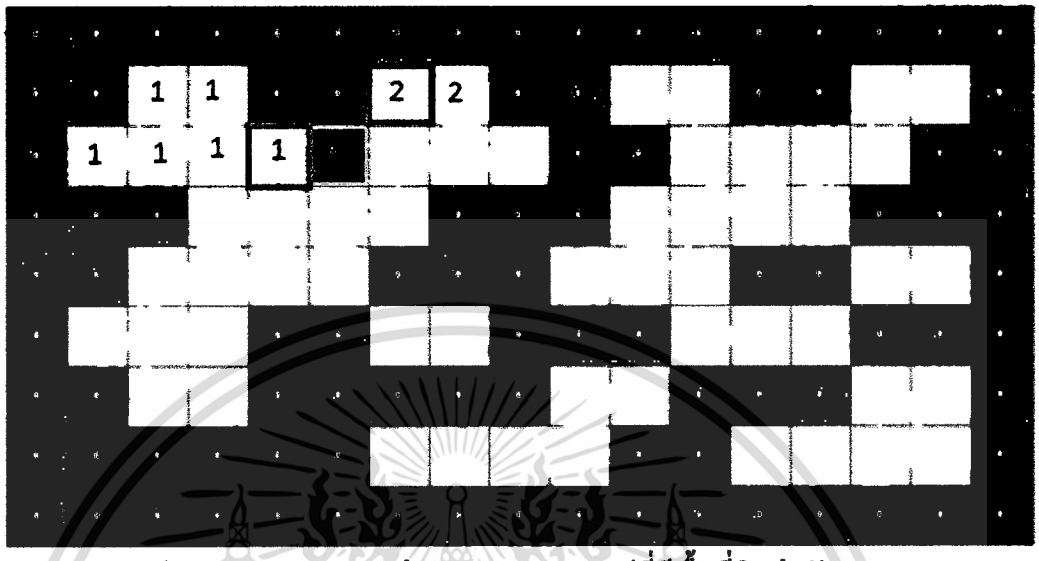

รูป 2.19 กำหนดค่า Label ใหม่ให้กับ Pixel



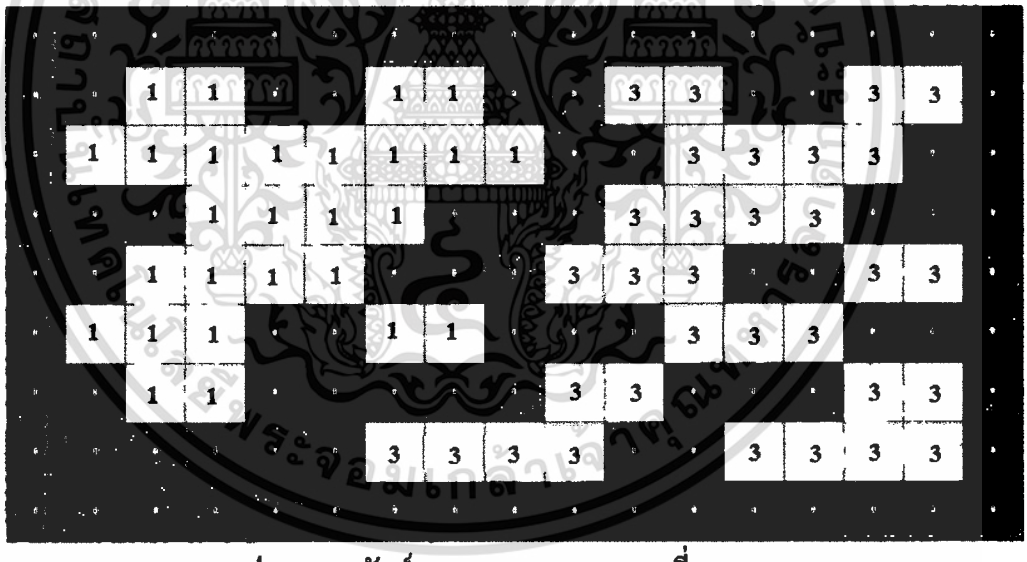

รูป 2.20 ผลลัพธ์จากการตรวจสอบรอบแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรอบที่สองนั้นตรวจสอบทุก Pixel เพื่อกำหนด Label ในพื้นที่ติดต่อกันให้เป็นเลขที่น้อยที่สุด

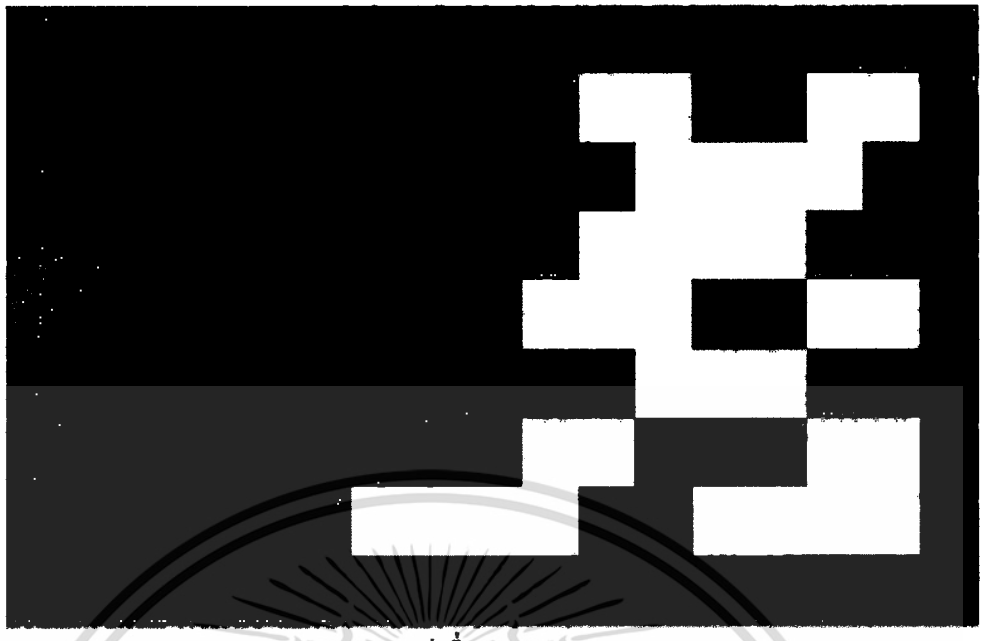



รูป 2.21 การตรวจสอบค่าของ Label ของรูปที่มีพื้นที่ติดต่อกัน




รูป 2.22 ผลลัพธ์จากการตรวจสอบรอบที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

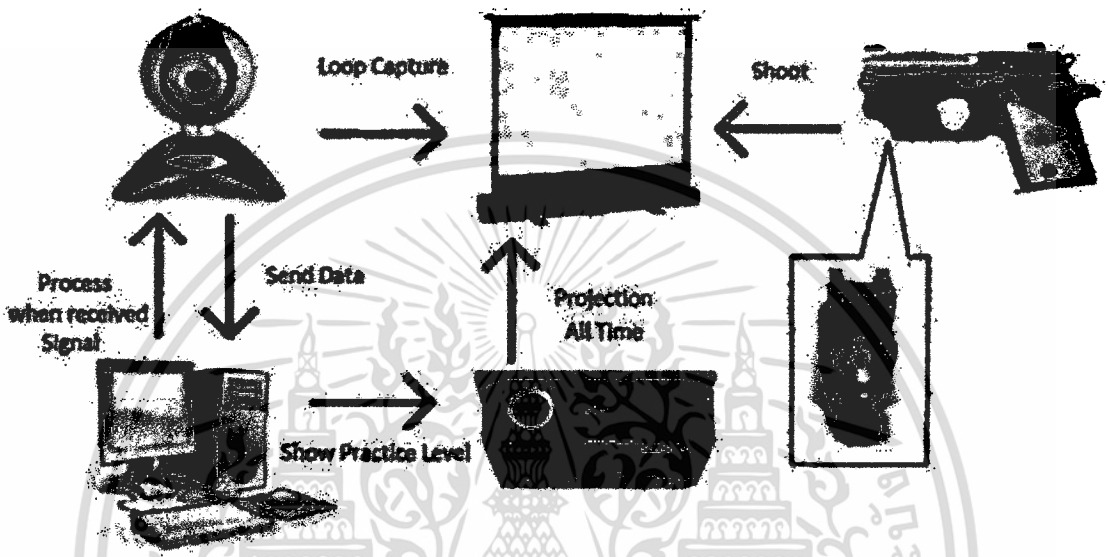


**รูป 2.23 ผลลัพธ์เมื่อเสร็จ Algorithm**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# รายละเอียดการพัฒนา

## 3.1 ภาพรวมของระบบ



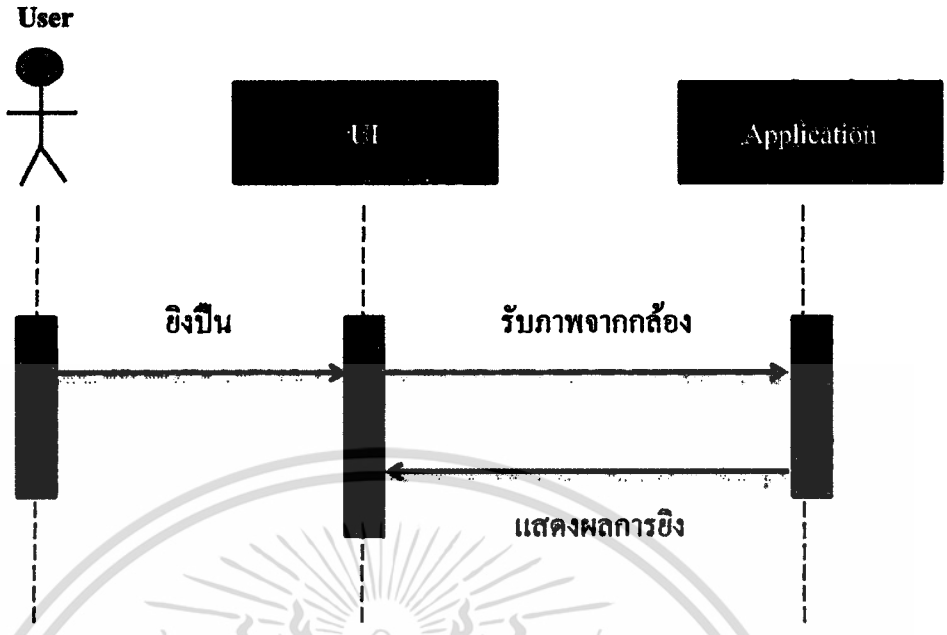

**รูป 3.1 ภาพรวมของระบบ**

## 3.2 การออกแบบโปรแกรมที่จะพัฒนา

### 3.2.1 การทำงานของโปรแกรม

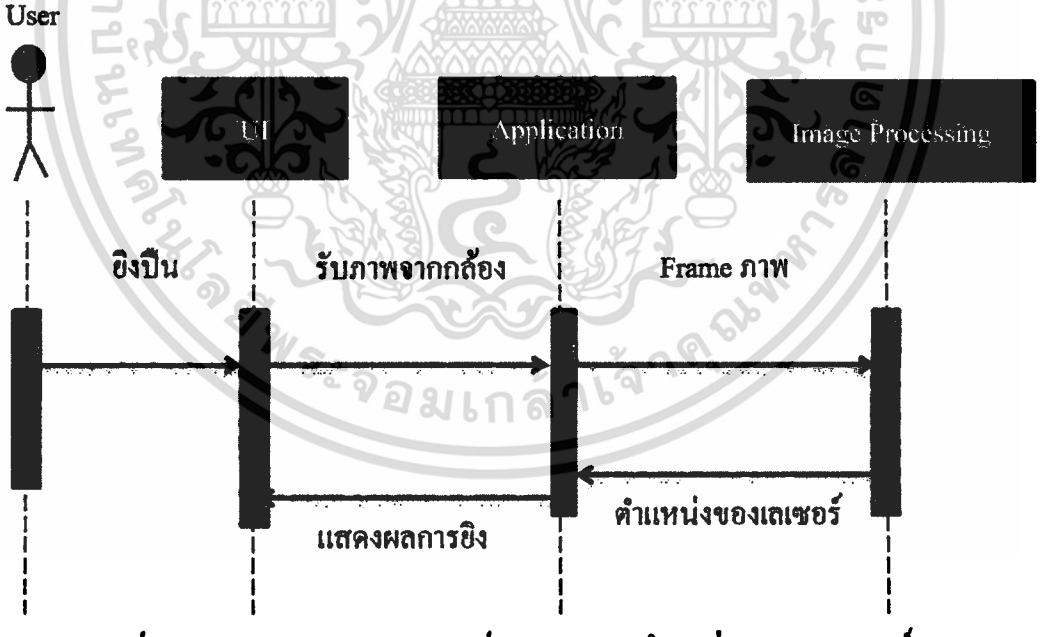
การทำงานของโปรแกรมมีจุดประสงค์หลักเพื่อประมวลผลหาจุดที่แสงเลเซอร์ตกกระทบบนฉากรับภาพและนำไปประมวลผลเพื่อตอบสนองต่อการยิงตามเหตุการณ์ที่แสดงอยู่การทำงานของโปรแกรมจะเริ่มจากกล้องวนรับภาพเพื่อนำมาตรวจสอบหาจุดที่แสงเลเซอร์ตกกระทบหากไม่สามารถหาจุดตกกระทบของแสงเลเซอร์ได้จะทำการวนรับภาพไปเรื่อย ๆ แต่หากหาจุดตกกระทบของแสงเลเซอร์ได้จะทำการประมวลผลหาตำแหน่งและส่งข้อมูลตำแหน่งให้กับส่วนต่อไปประมวลผลเพื่อตอบสนองต่อการยิงซึ่งจะสามารถเขียนเป็น Sequence Diagram การทำงานของโปรแกรมได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูป 3.2 Sequence Diagram การทำงานของโปรแกรม**

### 3.2.2 ส่วนการประมวลผลเพื่อหาจุดของแสงเลเซอร์

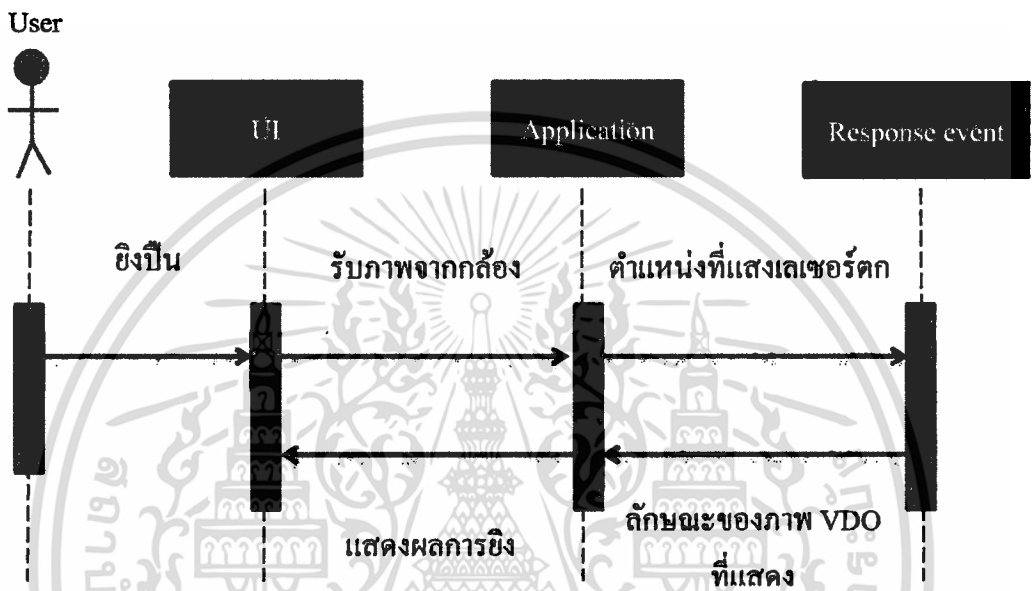



**รูป 3.3 Sequence Diagram การประมวลผลหาตำแหน่งของแสงเลเซอร์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของกระบวนการ Image Processing เริ่มจากการ Cropping เพื่อเลือกเฉพาะส่วนของภาพที่เราต้องการมาประมวลผล เพื่อลดการทำงานของระบบ หลังจากนั้นจะทำการ filter โดยใช้ HSL filter ต่อด้วยการทำ Gray Scale Threshold และ Blob Counting Algorithm ในการหาจุดที่เป็นแสงเลเซอร์ ซึ่งรายละเอียดสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และการทดลอง

### 3.2.3 ส่วนการแสดงผลการยิง




**รูป 3.4 Sequence Diagram ส่วนแสดงผลการยิง**

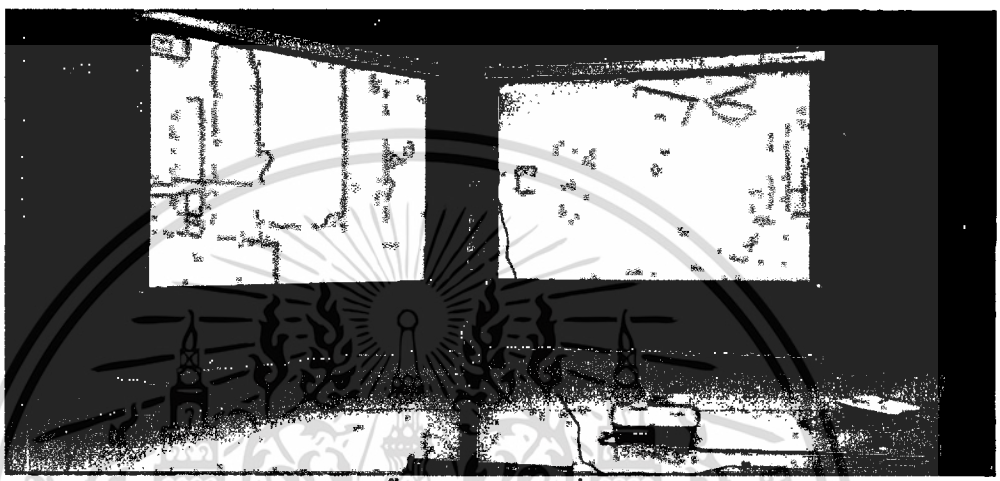
สำหรับการตอบสนองต่อการยิงนั้นจะตอบสนองจากตำแหน่งที่แสงเลเซอร์ตกกระทบและประมวลผลเพื่อหาว่าผู้ใช้งานยิงที่ตำแหน่งไหนและควรเปลี่ยนวีดีโอ ที่แสดงภาพจำลองสถานการณ์อันไหนและแสดงที่ตำแหน่งไหนโดยการตรวจสอบจากวีดีโอ ที่ตัดต่อพื้นหลังออกแล้ว หากตรวจสอบได้ว่าตำแหน่งนั้น ๆ ไม่ใช่พื้นหลังจะทำการสลับไปแสดงวีดีโอตามเงื่อนไขที่กำหนด

### 3.2.4 โหมดการฝึกซ้อม

ในระบบจำลองการยิงด้วยเลเซอร์นั้นจะแบ่งการฝึกซ้อมเป็น 2 โหมดคือโหมดการจำลองสถานการณ์จริง และโหมดการฝึกซ้อมโดยวัตถุประสงค์ของการฝึกแต่ละโหมดนั้นจะแตกต่างกันออกไป โดย โหมดการฝึกซ้อมนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้ปืนและเพิ่มความแม่นยำในการยิง และโหมดการจำลองสถานการณ์จริงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสามารถในการตัดสินใจและเพิ่มประสบการณ์เพื่อให้ไม่เกิดความตื่นเต้นในภาวะจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**1) โหมดการจำลองสถานการณ์จริง** เป็นการจำลองภาพเหตุร้ายที่อาจเกิดขึ้นได้ในชีวิตประจำวัน โดยจะมีการวางเครื่องฉายภาพในมุมที่ทำให้ภาพออกมาในลักษณะเหมือนเหตุการณ์จริงที่สุด ซึ่งการฝึกซ้อมจะมีการกำหนดเป้าหมายที่ผู้ฝึกซ้อมจะต้องทำให้สำเร็จ เช่น ช่วยตัวประกันภายในระยะเวลาที่กำหนดและมีเงื่อนไขที่จะผ่านคือตัวประกันไม่ตายและสามารถช่วยได้ในเวลาที่กำหนด เป็นต้น



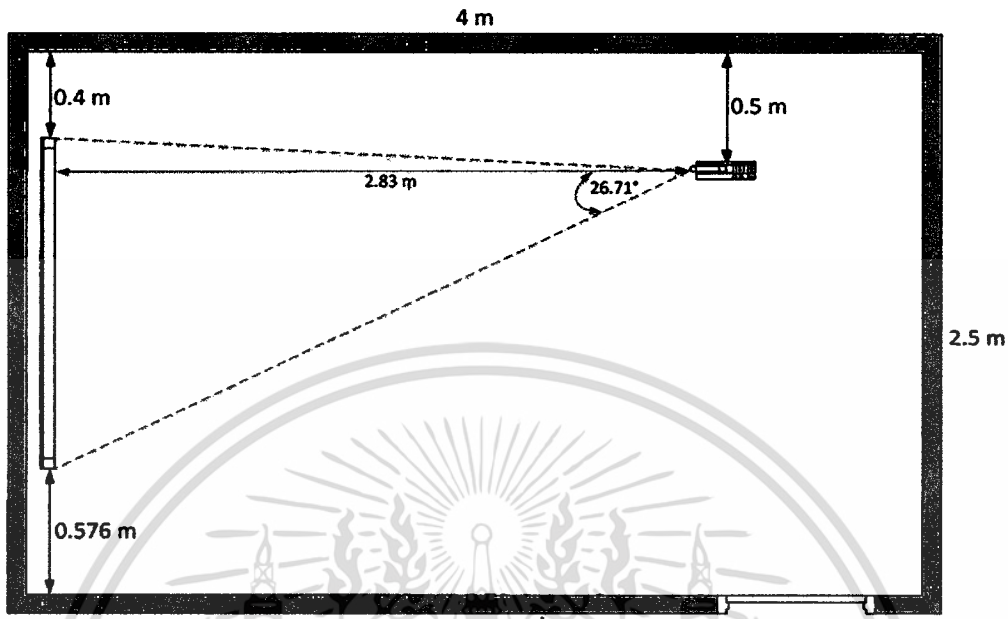
**รูป 3.5 ลักษณะการตั้งจอภาพของเครื่องฉายภาพ**

**2) โหมดฝึกซ้อม** เป้าจะเป็นเป้านิ่งไม่จำกัดเวลาแต่จำกัดจำนวนนัดของกระสุน

**รูป 3.6 ลักษณะเป้าปืนสำหรับยิง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.3 การออกแบบอุปกรณ์การติดตั้ง




**รูป 3.7 การวางเครื่องฉายภาพ**

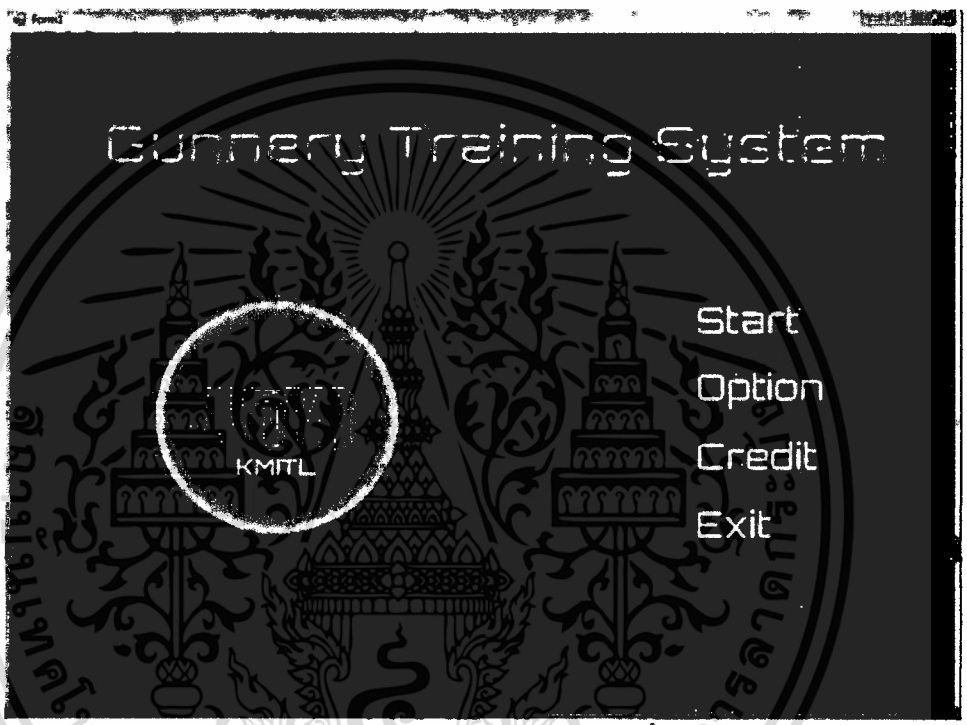
เนื่องจากระบบการฝึกซ้อมที่ได้ออกแบบไว้เป็นระบบที่ติดตั้งถาวร ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ทำให้มีการออกแบบเครื่องฉายภาพ (Projector) ให้มีการยึดติดกับเพดาน เพื่อไม่ให้มีการบดบังผู้ฝึกซ้อมระหว่างการฝึก โดยห่างจากเพดานเป็นระยะ 0.50 เมตร สำหรับฉากรับภาพมีขนาด 80 x 60 นิ้ว ทำการติดตั้งให้อยู่ในระดับสายตา โดยสูงจากพื้นเป็นระยะ 0.57 เมตร ส่วนระยะห่างจากเครื่องฉายภาพและฉากรับภาพนั้นจะห่างกันอย่างน้อย 2.83 เมตร เนื่องจากเครื่องฉายภาพที่เลือกใช้นั้นสามารถฉายภาพได้ใกล้สุดที่ระยะทางดังกล่าว แต่ก็ยังสามารถที่จะฉายภาพในระยะที่ไกลกว่านี้ได้ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการขยายภาพออกให้มีขนาดเล็กลงและปรับโฟกัสเพื่อความคมชัดมากขึ้น การออกแบบนี้สามารถที่จะปรับเปลี่ยนตามความเหมาะสม อีกทั้งยังสามารถที่จะออกแบบให้มีการเคลื่อนย้ายตามความสะดวกได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.4 วิธีการใช้งาน

### 3.4.1 การใช้งานของโปรแกรม

การใช้งานนั้นจะเริ่มโดยการติดตั้งอุปกรณ์ต่างดังที่ได้กำหนดไว้ แล้วสั่งให้แอปพลิเคชั่น (Application) บนคอมพิวเตอร์ทำงานจะได้หน้าหลักซึ่งสามารถเลือกหัวข้อต่างๆ ได้โดยการใช้ปืนยิงหรือใช้เมาส์เลือก โดยจะมีหัวข้อให้เลือกคือ Start คือเริ่มต้นการฝึกซ้อม Option เป็นการตั้งค่าเกี่ยวกับกล้อง เป็นต้น Credit เป็นส่วนในการแสดงข้อมูลเกี่ยวกับทีมผู้พัฒนา




**รูป 3.8 หน้าหลักของแอปพลิเคชั่น**

หลังจากเลือกหัวข้อ Start เพื่อเริ่มต้นฝึกซ้อมแล้วจะปรากฏหน้าสำหรับเลือกประเภทการฝึกซ้อมที่ต้องการโดยจะมีให้เลือกทั้งหมด 4 ประเภท ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูป 3.9 การเลือกโหมดการฝึกซ้อม**

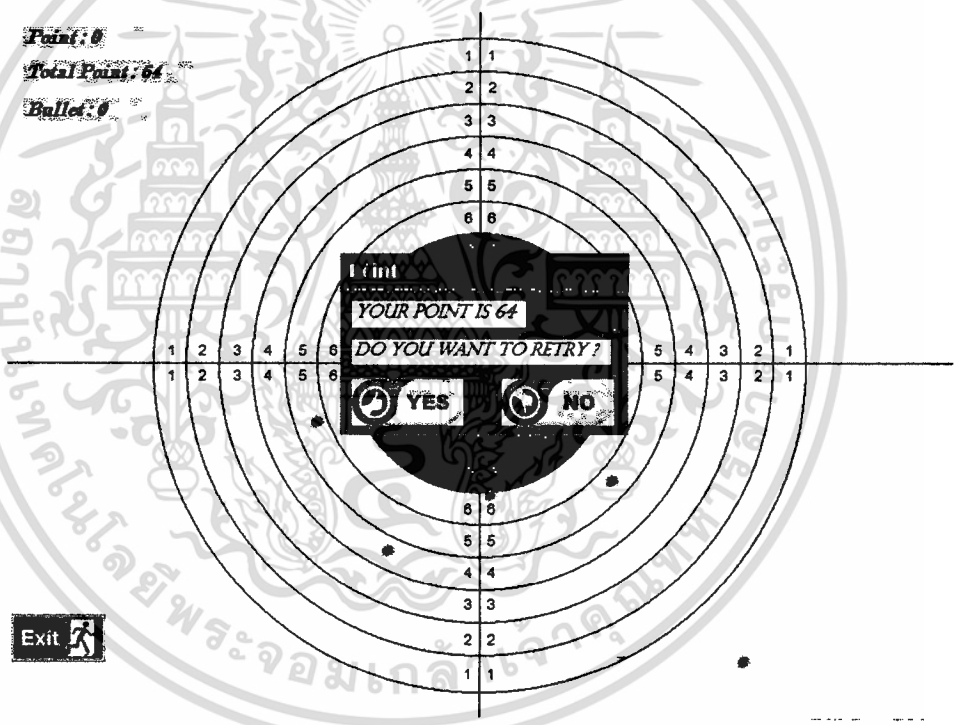
Event Simulation เป็นการฝึกซ้อม โดยการจำลองสถานการณ์จริงโดยจะมีการแสดงภาพต่อเนื่องจำลองสถานการณ์เหมือนจริงเพื่อให้ผู้ฝึกซ้อมคุ้นเคยกับสถานการณ์จริงสามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้องเมื่อพบกับเหตุการณ์จริง

**รูป 3.10 การฝึกซ้อมจำลองสถานการณ์จริง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Practice เป็นการฝึกซ้อมประเภทฝึกความแม่นยำ โดยที่ในการฝึกซ้อมในส่วนนี้จะไม่มีการจำกัดเวลาโนการยิงแต่จะจำกัดจำนวนลูกกระสุนปืนในการยิงแต่ละครั้งเพื่อนำมาคำนวณคะแนนจากการยิงเป้านิ่งหากสามารถยิงที่จุดกึ่งกลางของเป้าได้จะได้รับคะแนนสูงที่สุดและจะลดลงไปเรื่อยๆตามระยะจากจุดกึ่งกลางซึ่งหลังจากยิงจนครบตามจำนวนลูกกระสุนปืนจะมีสถิติต่างๆ เกี่ยวกับการยิงขึ้นมาให้ดูและมีการเก็บคะแนนสูงสุดไว้หากผู้ทดลองสามารถทำคะแนนได้มากกว่าคะแนนสูงสุดเดิม ซึ่งการฝึกซ้อมประเภทนี้สามารถฝึกการควบคุมให้ปืนสามารถยิงเข้าสู่เป้าหมายได้อย่างแม่นยำ

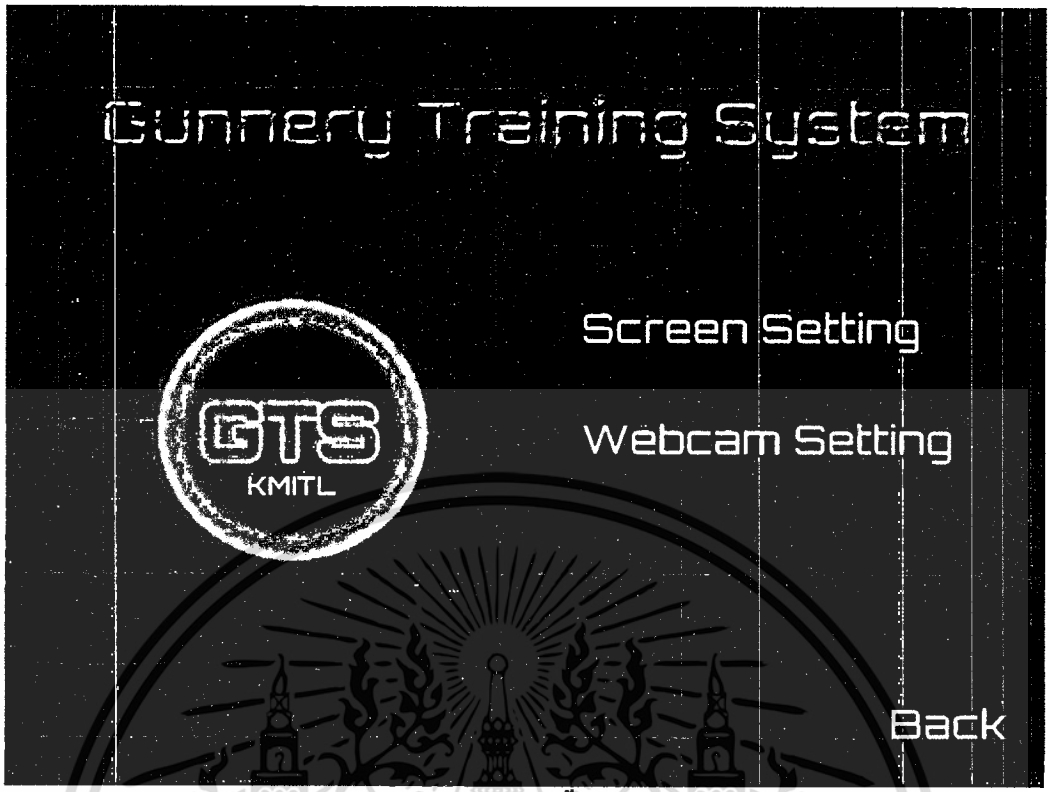
หลังจากเลือกการฝึกซ้อมแบบใดแบบหนึ่งแล้วนั้น ผู้ที่เข้ารับการฝึกซ้อมจะต้องยิงไปยังเป้าหมายที่กำหนดซึ่งหลังจากเสร็จการฝึกแล้ว ก็จะมีค่าสถิติในการยิงแต่ละครั้งแสดงให้ผู้ฝึกซ้อมทราบ



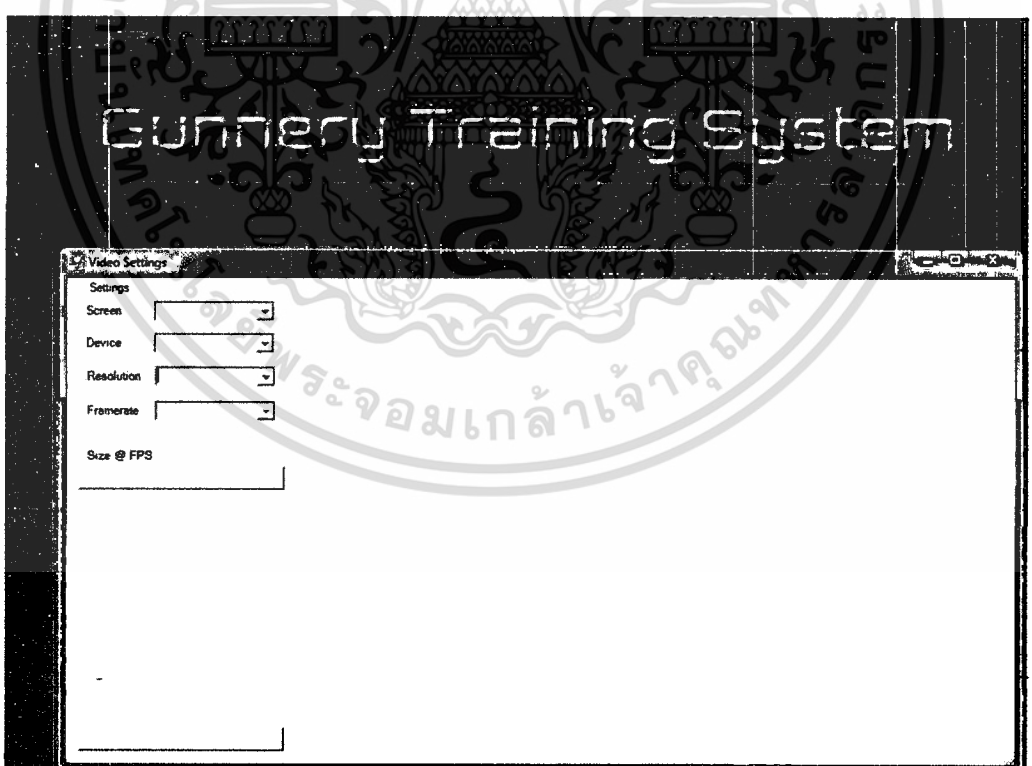

**รูป 3.11 สถิติของการฝึกซ้อม**

หากต้องการตั้งค่าของส่วนการแสดงผลหรือกล้องก็สามารถทำได้โดยเลือกเมนู Option

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูป 3.12 การเลือกโหมดการตั้งค่ากล้องและส่วนการแสดงผล**

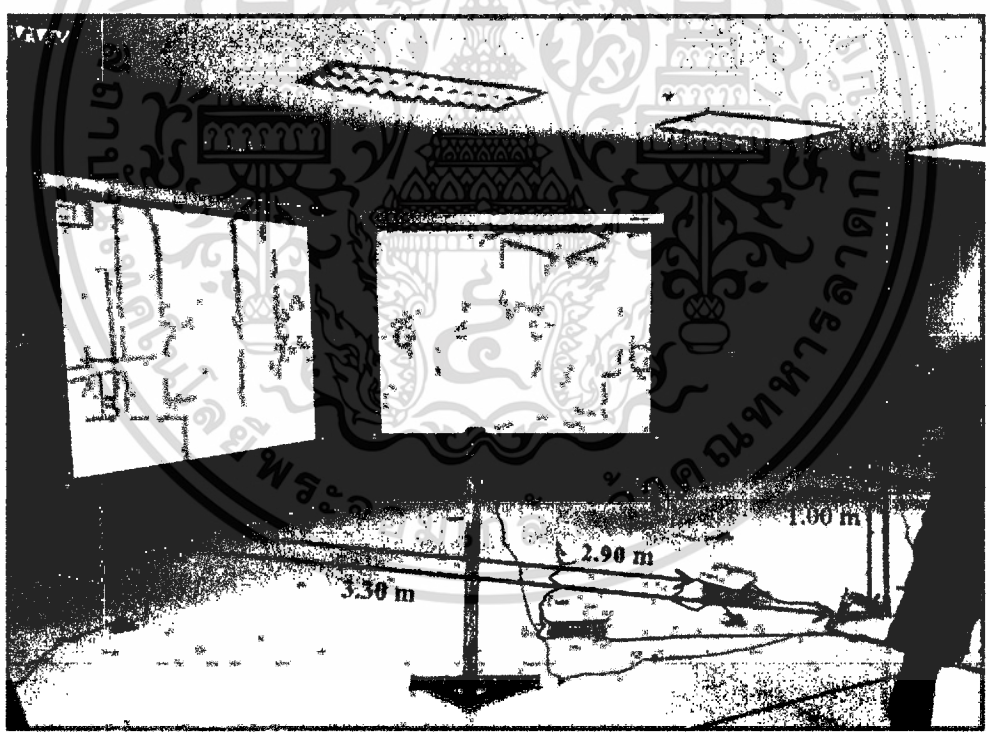



**รูป 3.13 การตั้งค่าของส่วนการแสดงผล**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูป 3.14 การตั้งค่าของกล้อง**

### 3.4.2 การติดตั้งอุปกรณ์



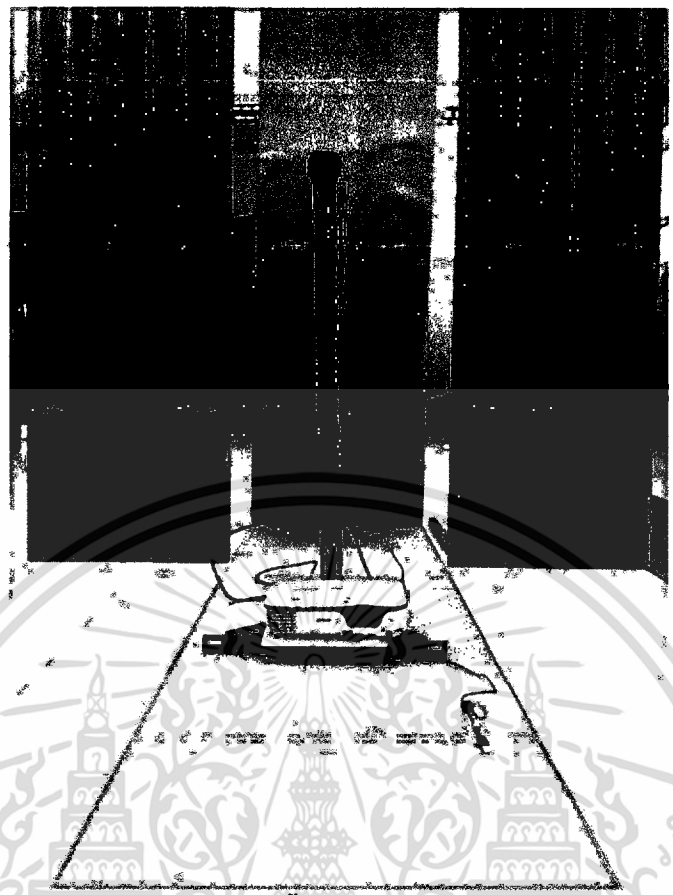

**รูป 3.15 ภาพรวมของระบบ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูป 3.16 ภาพรวมของระบบ**

**รูป 3.17 ฉากรับภาพ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูป 3.18 ฐานตั้งกล้องและ Projector**

**3.4.2.1 รายละเอียดของอุปกรณ์**

ฉากรับภาพ ขนาด 80x60 นิ้ว หรือ 203.2x152.4 เซนติเมตร

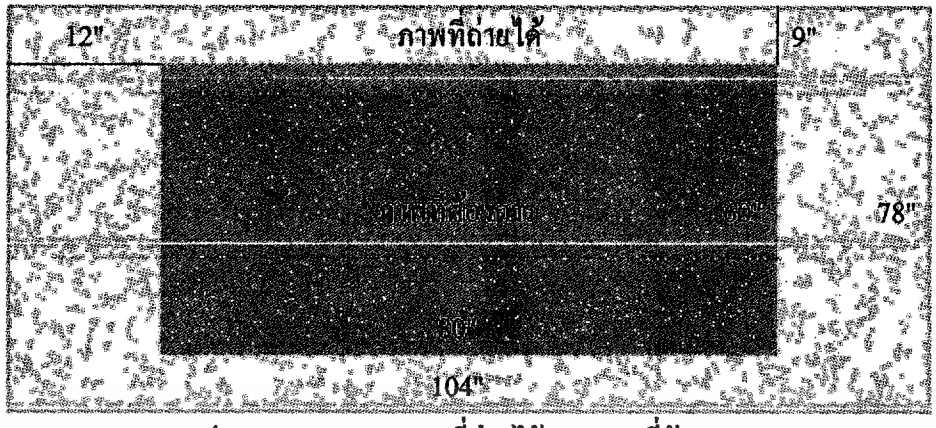
โครงฉากรับภาพ ขนาด 86.61x86.61 นิ้ว หรือ 220x220 เซนติเมตร

ฐานตั้งกล้อง สูง 39.37 นิ้ว หรือ 100 เซนติเมตร

**3.4.2.2 การคำนวณเกี่ยวกับกล้องวีดีโอ**

เนื่องจากกล้องวีดีโอใช้รับภาพจากฉาก และภาพที่รับมานั้นจะประกอบไปด้วยภาพพื้นหลังและจุดเลเซอร์ซึ่งมีขนาดเล็ก หากใช้กล้องที่ความละเอียดน้อยจะทำให้ไม่สามารถเห็นจุดของเลเซอร์เมื่อนำภาพมาประมวลผลซึ่งจากการทดลองวัดขนาดของจุดเลเซอร์พบว่าขนาดของจุดเลเซอร์โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 2 – 3 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงควรใช้กล้องที่มีระยะห่างระหว่างจุดภาพ (Pixel) น้อยกว่าค่าดังกล่าวซึ่งหากวางกล้องไว้ที่ระยะ 2.83 เมตร ซึ่งก็คือระยะเท่ากับโปรเจคเตอร์นั้น ค่ามุมในการมองเห็นของกล้อง (Field of View) ที่จะทำให้ภาพที่ได้มีขนาดใกล้เคียงกับจอภาพคือ 50 องศา แต่กล้องที่มีขายอยู่ปัจจุบันนั้นไม่มี ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าที่ใกล้เคียงที่สุดคือ 60 องศา แต่จะทำให้เกิดปัญหาคือภาพที่ได้มีขนาดใหญ่กว่าภาพที่เราต้องการทำให้เราต้องตัดเฉพาะส่วนที่เราต้องการมาวิเคราะห์ซึ่งภาพที่ถ่ายได้จะมีขนาดตามภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูป 3.19 ขนาดของภาพที่ถ่ายได้และภาพที่ต้องการ**

จากการคำนวณความละเอียดของกล้องที่ควรใช้คือ 1600x1200 Pixel ขึ้นไป เนื่องจากหากใช้ความละเอียดน้อยกว่านี้จะทำให้ระยะระหว่างแต่ละจุดภาพ (Pixel) นั้นมากเกินไป ทำให้ในบางครั้งจะไม่สามารถประมวลผลเพื่อหาจุดของเลเซอร์ได้

**ตาราง 3.1 ความละเอียดของกล้องและระยะห่างระหว่างจุดภาพ**

| ความละเอียดของกล้อง | ระยะห่างระหว่างจุดภาพ (มม.) |
|---|---|
| 1024 x 768 | 2.5797 |
| 1280 x 960 | 2.0638 |
| 2 MP (1600 x 1200) | 1.6510 |
| 5 MP (2560 x 1920) | 1.0319 |
| 8 MP (3264 x 2448) | 0.8093 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.5 ปืน

ปืนที่ใช้จะใช้ปืนอัดลมระบบแก๊สแบบที่มีส่วนประกอบเป็นโลหะทั้งหมดเพื่อให้มีลักษณะทางกายภาพ เช่น น้ำหนัก แรงถีบ เป็นต้น คล้ายกับปืนจริงมากที่สุดโดยจะติดเลเซอร์และสวิตซ์บริเวณหลังไกปืนทำให้เมื่อมีการยิงจะทำให้มีแสงเลเซอร์ไปตกกระทบตามทิศทางที่ยิง

รูป 3.20 ปืนที่ใช้

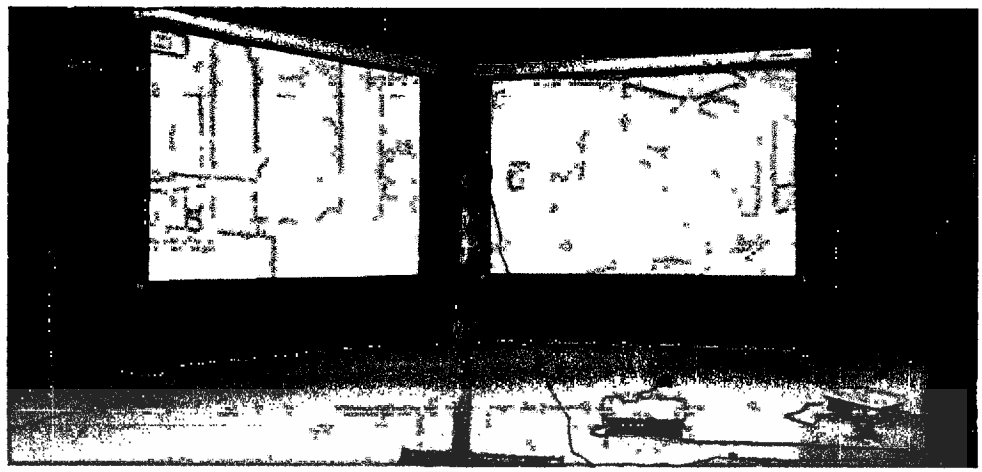
## 3.6 การพัฒนา Event Simulation Mode

จากการศึกษาการใช้งานโปรแกรม Visual C# และ DirectShow API เพื่อพัฒนาแอพพลิเคชันในโหมด Event Simulation ซึ่งลักษณะโดยรวมของโหมด Event Simulation คือจะเป็นการจำลองสถานการณ์การฝึกซ้อมขึ้นมาในลักษณะต่างๆ โดยใช้การอัดและตัดต่อคลิปจากวีดีโอที่ถ่ายทำจากสถานที่จริงเพื่อให้เกิดความสมจริงในการพัฒนา

การพัฒนาโหมด Event Simulation นั้นจะพัฒนาบน Window Form โดยจะนำภาพสถานที่จำลองมาเป็นพื้นหลังของหน้าหลักจากนั้นทำการตัดต่อคลิปวีดีโอในส่วนต่างๆและเล่นบนภาพที่กำหนดโดยคลิปที่จะนำมาตัดต่อนั้นจะเป็นคลิปที่ถูกตัดต่อโดยใส่ เทคนิค Chroma Key แบบ Green Screen คือการถ่ายทำวีดีโอโดยใช้พื้นหลังเป็นสีเขียวและในการตัดต่อก็ทำการตัดภาพที่มีสีเขียวออก การใช้เทคนิคนี้จะทำให้วีดีโอที่ตัดต่อออกมามีความสมบูรณ์และสวยงามมากขึ้น

ในส่วนของการคำนวณหาจุดตกกระทบของเลเซอร์ว่าโดนเป้าหมายหรือไม่นั้น เราจะทำการประมวลผลโดยเทียบจากคลิปที่นำมาตัดต่อและเล่นบนภาพสถานที่หลัก โดยเราจะเลือกจุดที่เป็นเป้าหมายโดยมีเงื่อนไข 2 เงื่อนไขคือ อยู่ในกรอบพื้นที่ของคลิปที่นำมาเล่น และต้องเป็นส่วนที่ไม่ใช่สีเขียว เมื่อยิงถูกจะทำการตัดต่อคลิปวีดีโอที่เป้าหมายถูกยิงสลับขึ้นมาเล่นแทน ซึ่งคำสั่งต่างๆ สามารถเลือกใช้ได้จาก DirectShow API ซึ่งจะมีคำสั่งต่างๆที่ใช้สำหรับการจัดการวีดีโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูป 3.21 Event Simulation Mode**

### 3.6.1 การสร้าง VDO ในการจำลองสถานการณ์

จากการทดสอบกับคลิปวีดีโอที่ไม่ได้ใช้เทคนิค Chroma Key พบว่าในการตรวจสอบหาเป้าหมายนั้น สามารถทำได้โดยใช้วิธีกำหนดพิกัด หากยิงโดยพิกัดที่ตั้งเงื่อนไขไว้ก็จะตัดต่อวีดีโอเข้าสู่วีดีโอที่เป็นรูปแบบการถูกยิง ซึ่งการตรวจสอบวิธีนี้นั้นหากเป้าหมายกำลังขยับก็จะไม่สามารถกำหนดจุดพิกัดได้ จึงต้องกำหนดพิกัดเป็นช่วงๆซึ่งจะทำให้แม้ว่ายิงไม่โดนแต่หากเลเซอร์กระทบในช่วงที่ตั้งไว้ก็จะถือว่ายิงโดน ซึ่งจะเป็นข้อผิดพลาดของระบบ

ดังนั้นเราจึงนำเทคนิค Chroma Key มาใช้เพื่อตัดต่อวีดีโอให้มีความสวยงามและใช้เป็นวีดีโอสำหรับใช้ตรวจสอบจุดตกกระทบของแสงเลเซอร์ว่าโดนเป้าหมายหรือไม่

**รูป 3.22 กระบวนการ Crop ภาพส่วนที่ต้องการเพื่อทำ Chroma Key**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูป 3.23 ภาพพื้นหลังที่ต้องการนำมาแทนพื้นหลังเดิม**

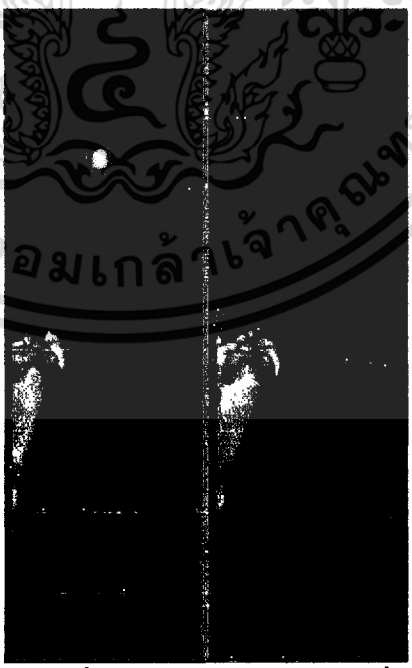
**รูป 3.24 VDO ที่ตัดต่อเสร็จ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.2 การตรวจสอบและตอบสนองต่อการยิง

หลังจากตรวจสอบเป้าหมายจากวีดีโอที่ใช้เทคนิค Chroma Key จะพบว่าสามารถตรวจสอบผลการยิงได้ แม้ว่าเป้าหมายจะกำลังขยับอยู่ก็ตาม

**รูป 3.25 ตำแหน่งของวีดีโอที่ใช้**

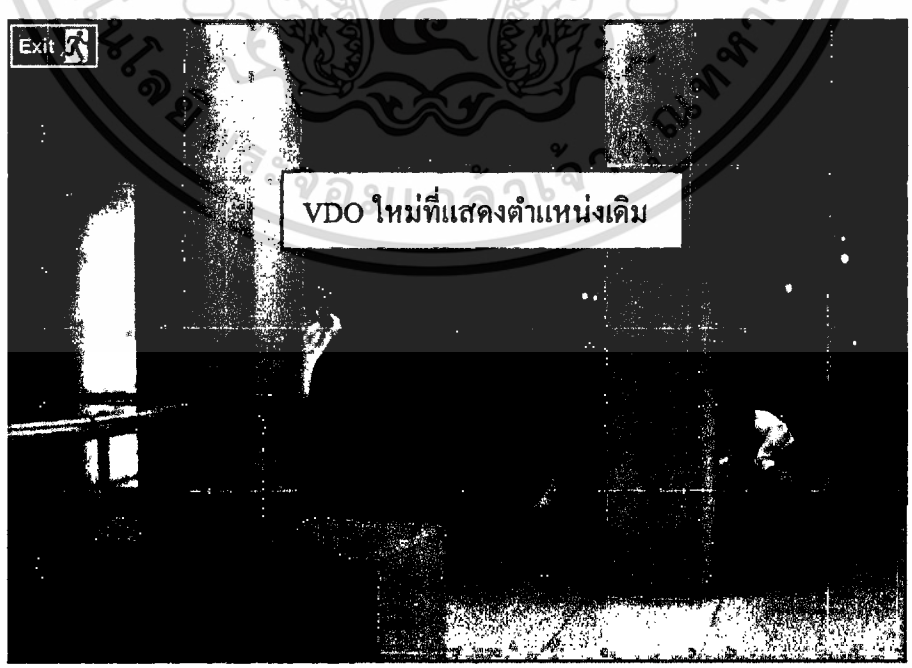


**รูป 3.26 เปรียบเทียบระหว่าง VDO ที่กำลังแสดงผลและ VDO ที่ใช้ตรวจสอบเงื่อนไข**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

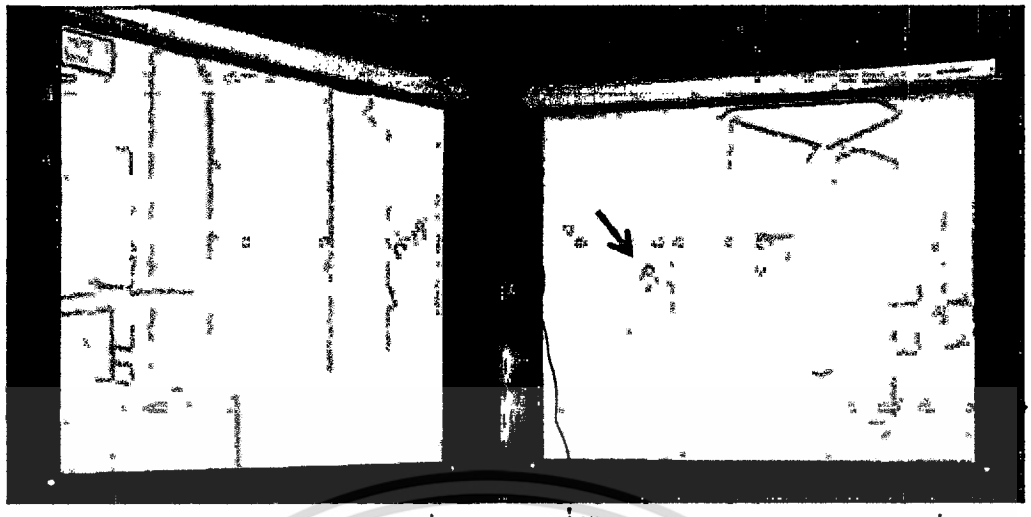
หลังจากตรวจสอบเงื่อนไขการยิงแล้วหากตรงกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้จะทำการเปลี่ยนวีดีโอที่ใช้เป็นวีดีโอใหม่และให้แสดงทับตำแหน่งของวิดีโอที่กำลังเล่นอยู่ ซึ่งการที่จะสลับวีดีโอให้รวดเร็วยิ่งขึ้น จะต้องมีการจองทรัพยากรของเครื่องไว้สำหรับวีดีโอใหม่ก่อนที่สลับวีดีโอขึ้นมาเล่น การจองทรัพยากรของเครื่องนั้นทำได้โดยกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการเล่นวีดีโอทั้งหมดขึ้นมาก่อนหากต้องการเล่นวีดีโอนั้นก็เพียงแต่สั่งให้วีดีโอนั้นเล่นตามปกติ

**รูป 3.27 VDO ที่แสดงหลังจากตรวจสอบเงื่อนไข**




**รูป 3.28 การแสดง VDO ใหม่ทับตำแหน่งของ VDO เดิม**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.29 แสงเลเซอร์ตกกระทบที่เป้าหมายขณะจำลองสถานการณ์

รูป 3.30 ผลการยิงเป้าหมาย

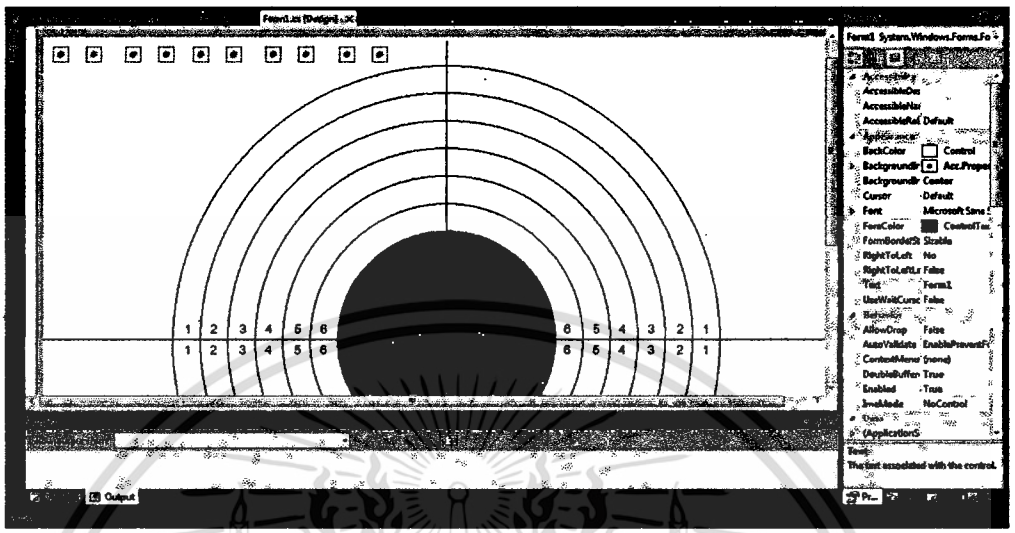
### 3.7 การทดลองพัฒนา Practice Mode

จากการศึกษาการใช้งานโปรแกรม Visual C# เพื่อพัฒนาแอพพลิเคชันในโหมด Practice ซึ่งลักษณะโดยรวมของโหมด Practice คือจะมีเป้าปืนให้ทดสอบโดยจะไม่จำกัดเวลาแต่จะจำกัดจำนวนของลูกกระสุนและกำหนดระยะยิง เมื่อลูกกระสุนหมดก็จะทำการรวมคะแนน และแสดงจุดที่ยิงถูกบนเป้า

การพัฒนาโหมด Practice นั้นจะพัฒนาบน Window Form โดยจะนำรูปเป้าปืนมาเป็นพื้นหลังของหน้าหลักจากนั้นทำการตั้งค่าความละเอียดของหน้าหลักเป็น 1024×768 จากนั้นทำการสร้าง Event Mouse Click เพื่อเป็นการทดลองหาพิกัดเพื่อเปรียบเทียบลงบน หน้าหลัก เมื่อได้พิกัดแล้วก็จะนำพิกัดมาคำนวณว่าอยู่ในเป้าหรือไม่ หากอยู่ในเป้าก็จะทำการเก็บคะแนนและเมื่อกระสุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

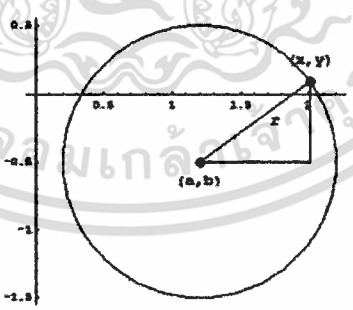
หมดก็จะแสดงตำแหน่งที่ยิงถูกทั้งหมด โดยการ Enable Picture Box ขึ้นมาตามพิกัดที่ถูกเก็บไว้ และแสดงคะแนนที่ทำได้ทั้งหมดดังรูปด้านล่าง



**รูป 3.31 Practice Mode**

การนำพิกัดมาคำนวณตำแหน่งบนภาพว่าอยู่บนเป้าหรือไม่ ใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัส (Pythagoras) ซึ่งทฤษฎีบทดังกล่าวสามารถเขียนเป็นสมการสัมพันธ์กับความยาวของด้าน A, B และ C ได้ ซึ่งมักเรียกว่า สมการพีทาโกรัส (Pythagoras) ดังสมการ (2.1)

โดยที่ C เป็นความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก และ A และ B เป็นความยาวของอีกสองด้านที่เหลือ ซึ่งทฤษฎีนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับวงกลมได้ ดังรูปด้านล่าง




**รูป 3.32 การนำทฤษฎีพิทาโกรัสมาใช้กับการหาพิกัดในวงกลม**

เนื่องจากมีการกำหนดรูปแบบและขนาดมาตรฐานของเป้า ปืนอัดลมสั้นระยะ 10 เมตร โดยมีการกำหนดขนาดไว้ดังนี้

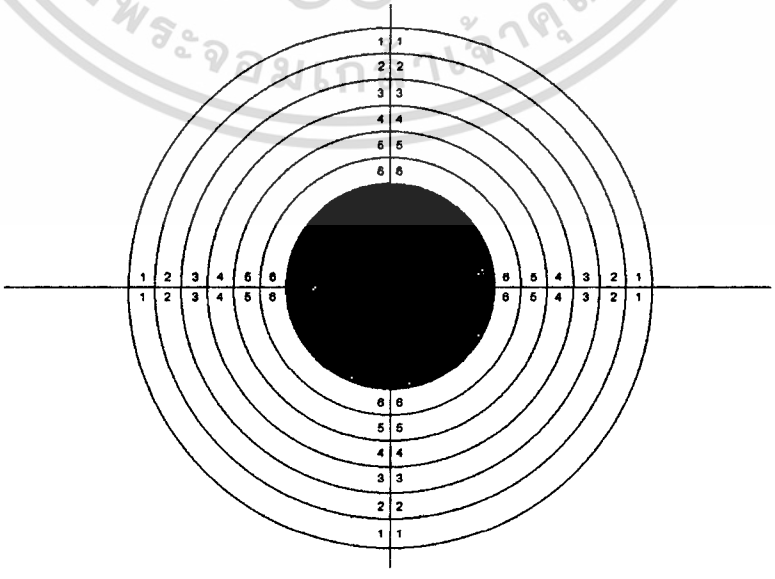
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตาราง 3.2 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวงกลมแต่ละวง**

| วงที่ | เส้นผ่าศูนย์กลาง(ซม.) |
|---|---|
| 10 | 11.5 ± 0.1 |
| 9 | 27.5 ± 0.2 |
| 8 | 43.5 ± 0.2 |
| 7 | 59.5 ± 0.5 |
| 6 | 75.5 ± 0.5 |
| 5 | 91.5 ± 0.5 |
| 4 | 107.5 ± 0.5 |
| 3 | 123.5 ± 0.5 |
| 2 | 139.5 ± 0.5 |
| 1 | 155.5 ± 0.5 |

รูปแบบ

1) วง 7 ถึง 10 เป็นสีดำ ขนาด 59.5 มม +-0.5 มม
2) เส้นวงมีความหนา 0.1 มม ถึง 0.2 มม
3) ขนาดเป้าที่เห็นได้ชัดเจน 170 มม x 170 มม เป็นอย่างน้อย
4) ให้พิมพ์เป็นค่าวงคะแนนไว้ตั้งแต่วง 1 ถึง 8 โดยพิมพ์ไว้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน
5) เว้นพื้นที่วง 9 และ 10 ไว้ ห้ามทำเครื่องหมายคะแนนลงไป เลขบอกค่าคะแนนไม่สูงเกินกว่า 22 มม



**รูป 3.33 เป้าใน Practice Mode**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการฉายภาพขึ้นบน Projector Screen จะทำให้ภาพถูกขยายใหญ่ขึ้น ซึ่งเมื่อคำนวณจากขนาดของ Projector Screen และ Resolution ของรูปภาพแล้ว จะได้สูตรว่า

$$\text{ขนาดของแต่ละพิกเซลหลังจากถูกขยาย} = \frac{\text{Width Projector Screen}}{\text{Width Picture Resolution}} \quad (4.1)$$

โดย

Width Projector Screen = 80 นิ้ว

Width Picture Resolution = 1024 พิกเซล

ดังนั้น ขนาดของแต่ละ Pixel หลังจากถูกขยาย = 0.78125 นิ้ว หรือ 0.984375 เซนติเมตร

ซึ่งจะเกิดปัญหาคือแต่ละ Pixel จะต้องเป็นจำนวนเต็มเท่านั้น ทำให้การไม่สามารถสร้างเป้าที่มีขนาดมาตรฐานได้อย่าง 100% แต่ก็สามารถสร้างเป้าที่มีขนาดใกล้เคียงกับมาตรฐานที่สุดได้ โดยเป้าที่สร้างมามีขนาดดังนี้

ตาราง 3.3 การเปรียบเทียบขนาดมาตรฐานกับขนาดที่ใช้สร้างเป้าจริง

| วงที่ | เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน (ซม.) | เส้นผ่าศูนย์กลางเป้าที่สร้าง (ซม.) | Pixel | คลาดเคลื่อน (ซม.) |
|---|---|---|---|---|
| 10 | 11.5 ± 0.1 | 11.8125 | 12 | +0.2125 |
| 9 | 27.5 ± 0.2 | 27.55865 | 28 | 0 |
| 8 | 43.5 ± 0.2 | 43.3125 | 44 | 0 |
| 7 | 59.5 ± 0.5 | 59.0626 | 60 | 0 |
| 6 | 75.5 ± 0.5 | 75.796875 | 77 | 0 |
| 5 | 91.5 ± 0.5 | 91.546875 | 93 | 0 |
| 4 | 107.5 ± 0.5 | 107.296875 | 109 | 0 |
| 3 | 123.5 ± 0.5 | 123.046875 | 125 | 0 |
| 2 | 139.5 ± 0.5 | 139.78125 | 142 | 0 |
| 1 | 155.5 ± 0.5 | 155.53125 | 158 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.8 ข้อจำกัดของระบบ

1) เลเซอร์ที่ใช้จะต้องมีสีแดงเท่านั้น

2) สถานการณ์มีสถานการณ์เดียวเท่านั้น ผู้ใช้งานไม่สามารถเพิ่มได้เอง

3) Resolution ของเครื่องฉายภาพที่รองรับกับระบบคือ 1024 x 768 เท่านั้น

4) ใช้ได้ในพื้นที่ที่ไม่มีแสงจ้าจนเกินไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

# การทดลองและผลการทดลอง

## 4.1 การทดลองการใช้งานตัวกรองภาพ (Image Filter) เบื้องต้น

จากการศึกษาพบว่าคุณสมบัติของแสงเลเซอร์คือ เป็นแสงที่มีความยาวคลื่นเดียวหรือมีสีเดียว มีเฟสเดียว มีทิศทางที่แน่นอนหรือมีลักษณะเป็นลำแสง และมีความเข้มสูง ซึ่งจากคุณสมบัติเหล่านี้พบว่าหากต้องการที่จะกรองภาพในส่วนอื่น ๆ นอกจากแสงเลเซอร์ออกไปนั้นเราจะต้องกรองจุดภาพที่มีลักษณะดังนี้

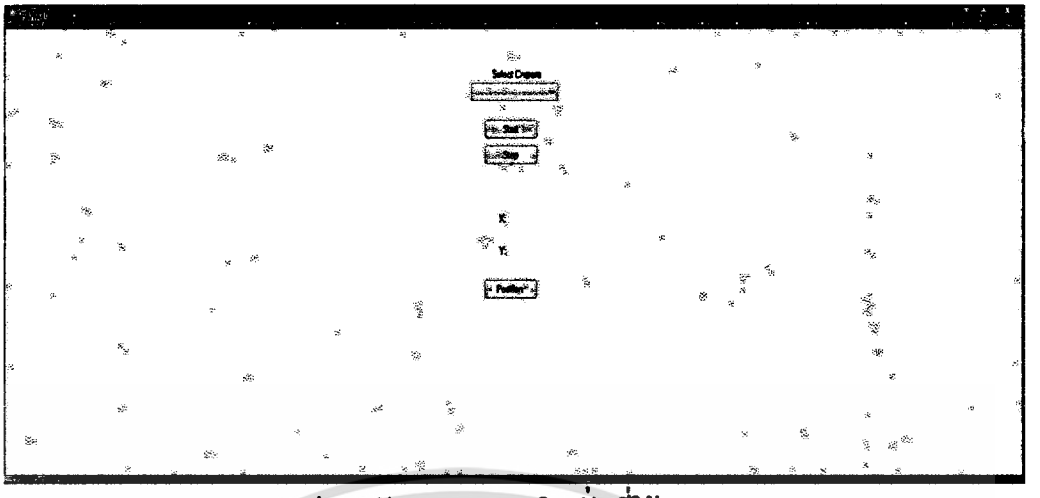
1) มีสีตามแสงเลเซอร์ที่เราใช้
2) มีช่วงความถี่ที่โดดเด่นกว่าจุดอื่น
3) เป็นจุดที่สว่างมาก

ซึ่งหากใช้ระบบสี RGB (Red, Green, Blue) ในการกรองภาพแล้วจะสามารถกำหนดช่วงที่จะกรองได้ลำบากเนื่องจากหากค่าความสว่างเปลี่ยนไปจะทำให้ค่าของแต่ละสี (แดง เขียว น้ำเงิน) เปลี่ยนไปด้วย ดังนั้นในการทดสอบจึงใช้ระบบสี HSL (Hue, Saturation, Lightness) ซึ่งในแต่ละจุดภาพ (Pixel) จะประกอบไปด้วย

1) ค่าของสี (Hue) ซึ่งจะแสดงในลักษณะของมุมโดยเริ่มจากมุมที่ 0° จะเป็นสีแดง 60° สีเหลือง 120° สีเขียว เป็นต้น ซึ่งจะมีค่าตั้งแต่ 0° ถึง 359°
2) ค่าของความอิ่มตัว (Saturation) ซึ่งจะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1
3) ค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 หากค่าความสว่างเป็น 0 หมายถึงสีดำ และค่าความสว่างเป็น 1 หมายถึงสีขาว

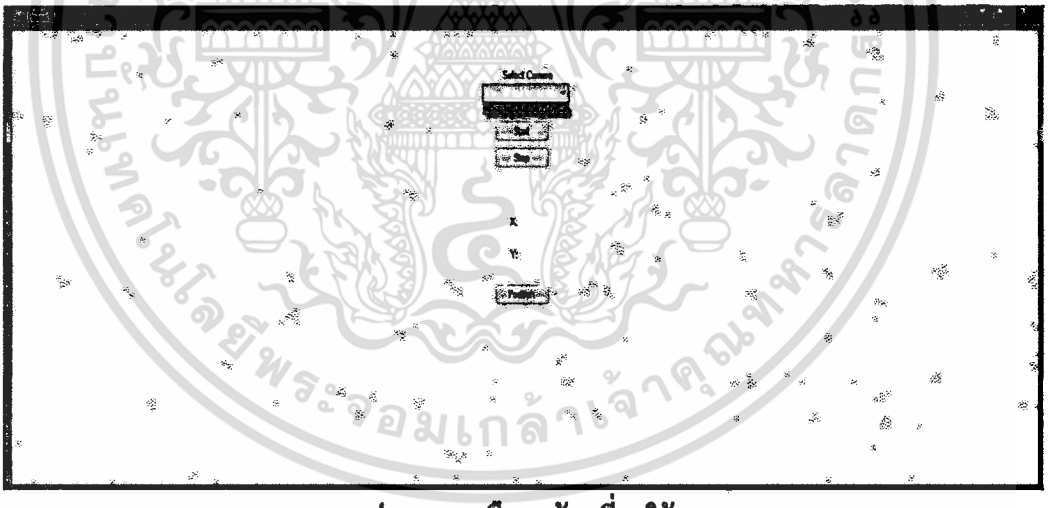
ดังนั้นหากต้องการกรองเฉพาะส่วนของจุดเลเซอร์จะต้องกำหนดค่าต่าง ๆ ให้เหมาะสมเพื่อให้ได้จุดตามที่ต้องการ โดยการทดลองเริ่มต้นทดลองพัฒนาแอพพลิเคชันสำหรับรับภาพจากกล้องวีดีโอโดยจะแสดงภาพสองภาพ คือภาพจากกล้องวีดีโอซึ่งจะแสดงทางด้านซ้าย และภาพหลังจากที่ถูกกรองแล้วจะถูกแสดงในด้านขวา นอกจากนั้นแอพพลิเคชั่นยังสามารถเลือกกล้องที่จะใช้รับภาพได้จากกล้องทั้งหมดที่ติดตั้งอยู่ที่เครื่องที่ใช้งาน มีปุ่มกดสำหรับกดเพื่อเริ่มและหยุดการทำงาน และมีการแสดงค่าพิกัดของวัตถุที่สามารถผ่านการกรองได้เมื่อกดปุ่มสำหรับแสดงพิกัดดังกล่าวซึ่งการทำงานของปุ่มนี้เหมือนกับมีสัญญาณจากบอร์ดควบคุมส่งมาให้คอมพิวเตอร์เพื่อสั่งให้ส่งพิกัดของแสงเลเซอร์ไปให้ฟังก์ชั่นที่ทำงานในส่วนต่อไป สำหรับลักษณะของแอพพลิเคชันที่ใช้ทดสอบมีลักษณะดังรูป 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.1 ลักษณะแอพพลิเคชั่นที่ใช้ทดลอง

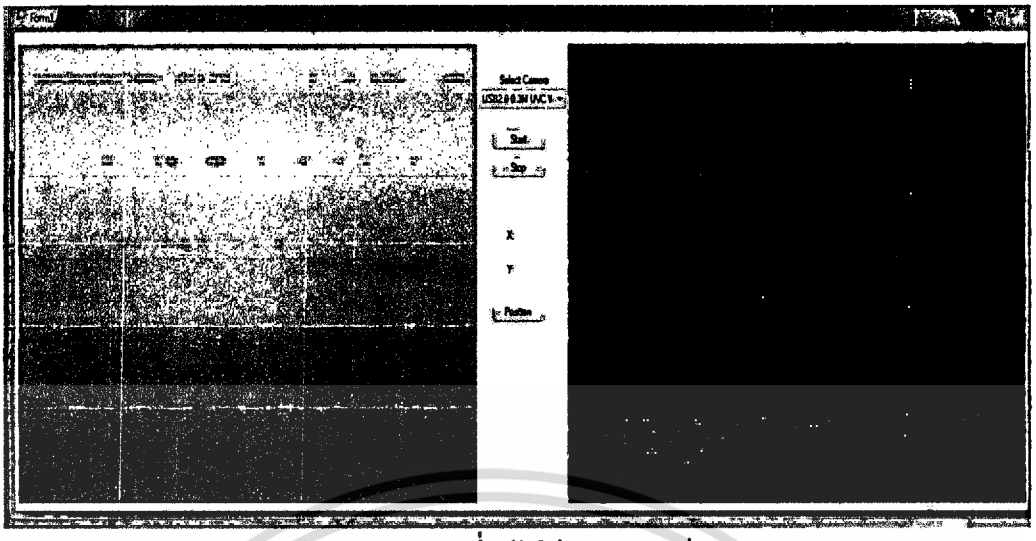
หลังจากเริ่มแอพพลิเคชันจะมีช่องสำหรับเลือก (Drop Down) กล้องวีดีโอที่ต้องการใช้โดยรายการที่แสดงจะแสดงกล้องวีดีโอทั้งหมดที่ติดตั้งและเปิดใช้งานอยู่ที่เครื่องนั้น ๆ หากมีกล้องหลายตัวจะแสดงตามจำนวนที่มี หลังจากนั้นก็ทำการเลือกกล้องที่ต้องการใช้งานและกดปุ่ม Start เพื่อให้กล้องเริ่มทำงาน



รูป 4.2 การเลือกกล้องที่จะใช้งาน

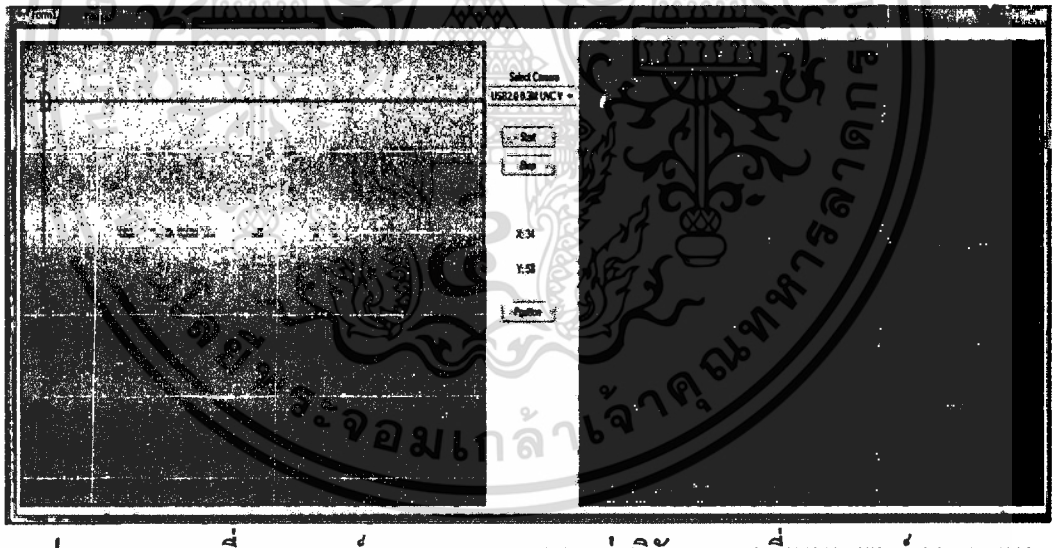
หลังจากกดปุ่มเพื่อเริ่มการรับภาพจากกล้องที่เลือกแล้วทางด้านซ้ายมือจะแสดงรูปจากกล้องที่เลือก และทางด้านขวามือจะแสดงรูปหลังจากที่ผ่านการกรองแล้วซึ่งในการทดลองนี้จะกรองให้เหลือเฉพาะจุดที่แสงเลเซอร์ตกกระทบด้วยการกำหนดค่าสี (Hue) เป็นช่วงตั้งแต่ 330 ถึง 30 ซึ่งก็คือช่วงของแสงสีแดงทั้งหมด และ ค่าของความอิ่มตัว (Saturation) เป็นช่วงตั้งแต่ 0.5 – 1 และค่าความสว่าง เป็นช่วงตั้งแต่ 0.5 – 1 ซึ่งรูปที่แสดงขณะที่ยังไม่มีแสงเลเซอร์มาตกกระทบจะเป็นดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.3 ภาพขณะที่ยังไม่มีแสงเลเซอร์ตกกระทบ

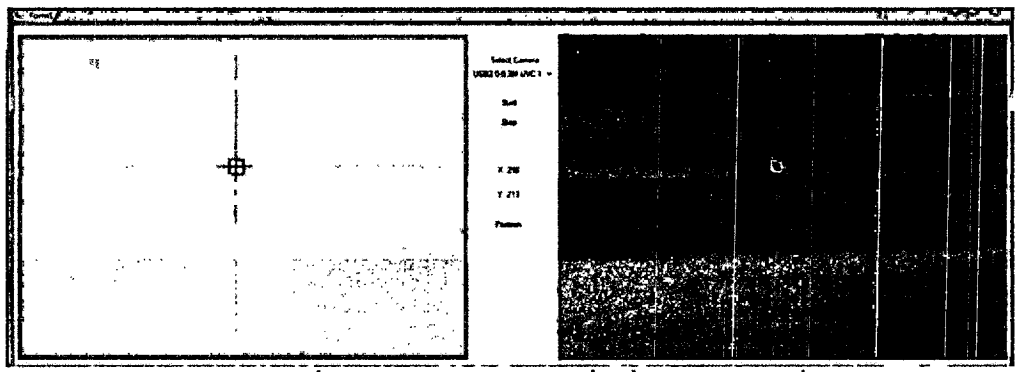
จากนั้นทดลองยิงแสงเลเซอร์ไปยังฉากที่กล้องจับภาพอยู่พบว่าจุดเลเซอร์สามารถผ่านการกรองมาได้และสามารถใช้ Blob Counter Algorithm ซึ่งเป็นอัลกอริทึมในการหาวัตถุในรูปภาพที่มีความแตกต่างกับภาพพื้นหลังได้ ทำให้สามารถระบุตำแหน่งที่แสงเลเซอร์ตกกระทบได้



รูป 4.4 ภาพขณะที่แสงเลเซอร์ตกกระทบและแสดงค่าพิกัดของจุดที่แสงเลเซอร์ตกกระทบ

จากนั้นทดลองเลื่อนจุดเลเซอร์ไปยังจุดต่าง ๆ บนฉากและกดปุ่มเพื่อระบุตำแหน่งพบว่าสามารถระบุตำแหน่งใหม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

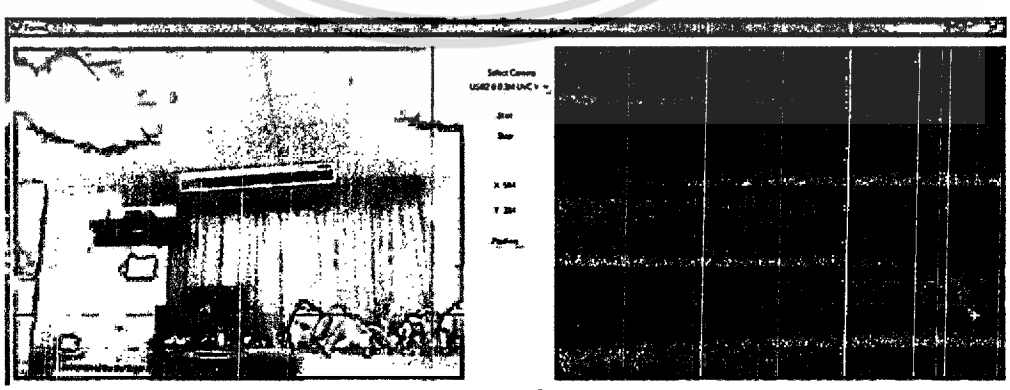


**รูป 4.5 ค่าพิกัดของจุดที่แสงเลเซอร์ตกกระทบเมื่อเลื่อนเลเซอร์ไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ**

จากนั้นทดลองกับภาพทั่วไปพบว่ามีวัตถุที่สามารถผ่านการกรองได้ เนื่องมาจากค่าที่กำหนดให้กับตัวกรองไม่เหมาะสมดังนั้นจึงทดลองปรับค่าของตัวกรองคือ ค่าสี (Hue) ใช้ช่วงที่แคบลงคือช่วงตั้งแต่ 355°ถึง 5° ซึ่งจะทำให้ช่วงของสีที่ต้องการแคบลง

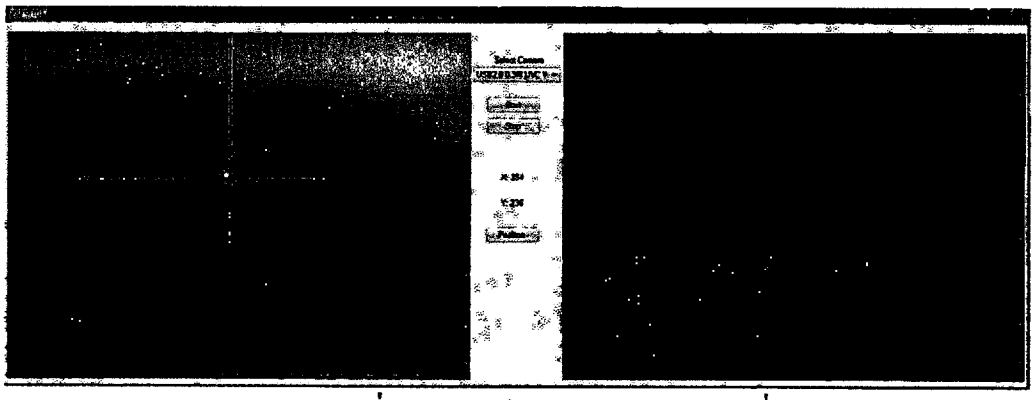
**รูป 4.6 ภาพต้นแบบและภาพที่ผ่านการกรองเมื่อกล้องถ่ายภาพทั่วไป**

หลังจากทดลองเปลี่ยนค่าตัวกรองพบว่าวัตถุที่ไม่ต้องการสามารถผ่านตัวกรองได้แต่โดยรวมน้อยลงและยังสามารถตรวจจับตำแหน่งของแสงเลเซอร์ได้



**รูป 4.7 ผลจากการเปลี่ยนค่ากรอง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

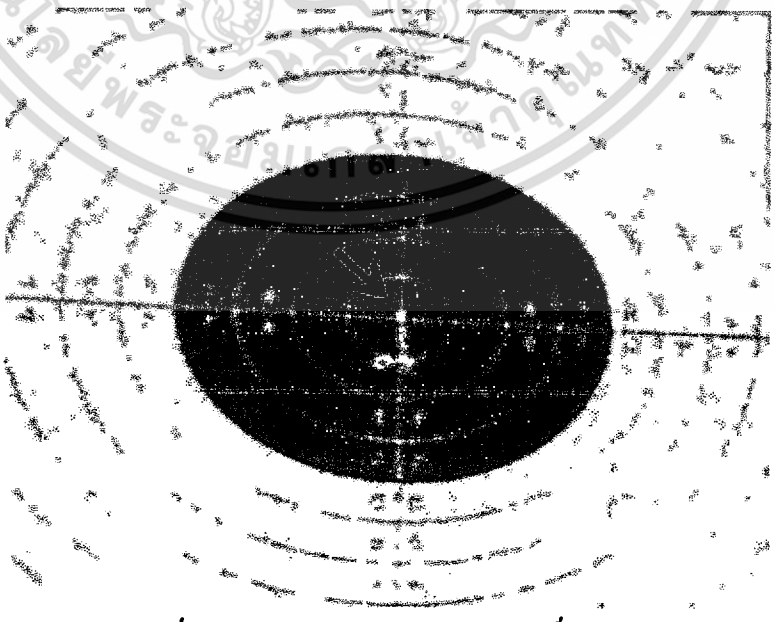


**รูป 4.8 การหาตำแหน่งที่แสงเลเซอร์ตกกระทบหลังจากเปลี่ยนค่าตัวกรอง**

จากการทดลองสรุปได้ว่าหากต้องการหาจุดที่แสงเลเซอร์ตกกระทบบนฉากให้มีประสิทธิภาพนั้นจะต้องกำหนดค่าของตัวกรองให้เหมาะสมจึงจะสามารถระบุได้ถึงสิ่งที่เราต้องการเท่านั้นดังนั้นหากมีการนำไปใช้จริงจำเป็นต้องวัดค่าต่าง ๆ ของแสงเลเซอร์ให้ละเอียดและกำหนดช่วงที่ต้องการกรองให้แคบเพื่อตัดวัตถุที่ไม่ต้องการออกไป

## 4.2 การทดสอบความแม่นยำของการประมวลผลจุดเลเซอร์

หลังจากทดสอบใช้งานระบบโดยรวมพบว่า ยังมีการเลื่อนของจุดเลเซอร์เนื่องจากการ Calibration หากมีการ Calibration ที่ดีจะทำให้การประมวลผลหาจุดตกกระทบของแสงเลเซอร์มีความคลาดเคลื่อนน้อยซึ่งจากการทดลองหาสามารถหาค่าเฉลี่ยของระยะห่างระหว่างจุดที่แสงเลเซอร์ตกกระทบและจุดที่แสดงผลพบว่าได้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3 cm ในแนวราบ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 1.48 ของความกว้างจอรับภาพ และ 2 cm ในแนวดิ่ง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 1.31 ของความสูงจอรับภาพ



**รูป 4.9 จุดตกกระทบของแสงเลเซอร์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) วีดีโอที่ถ่ายทำมีความคลาดเคลื่อนในระหว่างถ่ายทำให้เห็นร่องรอยการตัดต่ออย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นจึงนำวิธี Green Screen มาใช้โดยถ่ายวีดีโอชุดสำรองโดยให้พื้นหลังเป็นสีเขียวเพื่อนำมาคัดต่อลงวีดีโอหลัก

## 5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ

ระบบฝึกซ้อมยิงปืนด้วยการจำลองภาพจากสถานการณ์จริงสามารถนำไปพัฒนาต่อในเชิงพาณิชย์ได้หลากหลายแบบ หรือแม้กระทั่งเพิ่มความสามารถให้กับระบบเดิมให้ดีขึ้นโดยจะกล่าวถึงแนวทางในการพัฒนาต่อดังนี้

1) พัฒนาในรูปแบบเกมคอมพิวเตอร์เพื่อจำหน่ายในกลุ่มลูกค้าวัยเด็กหรือวัยรุ่นเนื่องจากการใช้ปืนที่มีลักษณะคล้ายกับปืนจริงจะทำให้เป็นที่หน้าสนใจสำหรับเด็กและวัยรุ่นเนื่องจากเกมยิงปืนส่วนใหญ่ที่มีขายอยู่ตามปกติจะมีลักษณะเป็นปืนที่สร้างมาจากวัสดุเฉพาะทำให้ลักษณะทางกายภาพไม่เหมือนกับปืนจริง
2) พัฒนาระบบให้สมจริงมากขึ้นโดยมีการเพิ่มจำนวนจอแสดงผลให้มากขึ้นทำให้สามารถจำลองสถานการณ์ได้หลากหลายมากขึ้น
3) พัฒนาความสมจริงในการจำลองสถานการณ์โดยการเพิ่มอุปกรณ์บางอย่างเข้าไปเพื่อความสมจริงในการฝึกซ้อมได้เช่นกันเช่น การเพิ่มเครื่องช็อตไฟฟ้าที่ไม่เป็นอันตรายเข้าไปและจะช็อตผู้ฝึกซ้อมทุกครั้งที่โดนคนร้ายในสถานการณ์จำลองยิง เป็นต้น
4) พัฒนาโดยการเพิ่มประเภทของปืนที่ใช้ฝึกซ้อมให้มากขึ้นเพื่อให้สามารถฝึกซ้อมได้กับปืนหลาย ๆ ประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม


Progame Shop BB-Gun. **Airsoft Gun**. [Online].

Available : http://www.bbindoorthai.com/Gun%20Review2.php.

ราชมงคล.2555.**ทฤษฎีการมองเห็นของมนุษย์.** [Online].

Available : http://www.rmutphysics.com/CHARUD/naturemystery/colour/colour.htm.

วิกิพีเดีย.2555.**ทฤษฎีพิทาโกรัส.** [Online].

Available : http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%97%E0%B8%A4%E0%B8%A9%E0%B8%8E%E0%B8%B5%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%9E%E0%B8%B5%E0%B8%97%E0%B8%B2%E0%B9%82%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B8%AA

วิกิพีเดีย.2555.**Laser.** [Online].

Available : http://www.bbindoorthai.com/Gun%20Review2.php

AForge.2555.**AForge.NET.** [Online]

Available : http://www.aforgenet.com/

ห้างหุ้นส่วนจำกัด Ibook Engineering.2555.**การหาขอบภาพ Edge Detection.** [Online].

Available : http://ibookengineering.com/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=61

วิกิพีเดีย.2555.**เครื่องฉายภาพ (Projector) Projector Detail.** [Online].

Available:http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%89%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%9



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้