สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้สัญลักษณ์มือติดต่อกับสัตว์เลี้ยงดิจิตอลผ่านทางเวปแคม

HAND SIGNALS INTERACTION WITH DIGITAL PET THROUGH WEB CAMERA

ชาลิณี สมานมิตร
พิมพ์ศิริ สิงห์ตระหง่าน
มัสลิน อัคราวิวัฒน์

ว.ท.
ช.ว.ก.
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 73317
วัน,เดือน,ปี 12 ก.ค. 2550

b 11790619
i.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HAND SIGNALS INTERACTION
WITH DIGITAL PET THROUGH WEB CAMERA

CHALINEE SAMARNMITR

PIMSIRI SINGTRANGAN

MUSLIN AKKARAVIWAT

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

DEPARTMENT OF MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การใช้สัญลักษณ์มือติดต่อกับสัตว์เลี้ยงดิจิตอลผ่านทางเวปแคม HAND SIGNALS INTERACTION WITH DIGITAL PET THROUGH WEB CAMERA	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวชาลิณี สมานมิตร	รหัสนักศึกษา 46050283
	นางสาวพิมพ์ศิริ สิงห์ตระหง่าน	รหัสนักศึกษา 46050308
	นางสาวมัสลิน อัคราวิวัฒน์	รหัสนักศึกษา 46050312
ภาควิชา	คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์	
สาขาวิชา	วิทยาการคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2549	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.กรกช ประชุมรักษ์	

ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ประจำปีการศึกษา 2549

คณะกรรมการสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	ผศ.สิริลักษณ์ อนันต์สถิตย์สิน	
กรรมการ	ผศ.ดร.จีรพร ศรีสวัสดิ์	
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.กรกช ประชุมรักษ์	

(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ บุญจริง)
หัวหน้าภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การใช้สัญลักษณ์มือติดต่อกับสัตว์เลี้ยงดิจิตอลผ่านทางเวปแคม
ชื่อนักศึกษา	นางสาวชาลิณี สมานมิตร 46050283
	นางสาวพิมพ์ศิริ สิงห์ตระหง่าน 46050308
	นางสาวมัสลิน อัคราวิวัฒน์ 46050312
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	วิทยาการคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2549
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.กรกช ประชุมรักษ์

บทคัดย่อ

โครงงานชิ้นนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาเกี่ยวกับการใช้กล้อง (Web camera) ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยรับภาพที่มีภาพมือเป็นข้อมูลเข้า จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความหมายของสัญลักษณ์มือที่รับเข้ามาด้วยการทำการค้นหาส่วนที่เป็นมือแยกออกจากส่วนที่เป็นพื้นหลัง โดยการใช้กระบวนการที่เรียกว่ากระบวนการทำงานเกี่ยวกับรูปภาพ (Image Processing) เมื่อค้นหาส่วนประกอบต่างๆของมือได้ จะนำมาแปลความหมายของสัญลักษณ์มือที่รับเข้ามา แล้วจึงเก็บความหมายในรูปของรหัสตัวเลขสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ ซึ่งในที่นี้ใช้เกมแอพพลิเคชั่นให้ทำงานตามความหมายของสัญลักษณ์มือที่กระบวนการทำงานเกี่ยวกับรูปภาพทำการตีความออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	HAND SIGNALS INTERACTION WITH DIGITAL PET THROUGH WEB CAMERA
Students	Miss. Chalinee Samarnmitr 46050283
	Miss. Pimsiri Singtrangan 46050308
	Miss. Muslin Akkaraviwat 46050312
Degree	Bachelor of Science
Department	Mathematics and Computer Science, Faculty of Science
Programme	Computer Science
Academic Year	2006
Special Project Advisor	Asst.Prof.Dr.Korakot Prachumrak

ABSTRACT

This project studies and develops the application of the web camera which is connected to the computer. The images of the hand signals are the input data which are sent to the VDO Frame. Then the hand signals are sorted out of the backgrounds and are interpreted in form of the codes by Image Processing. The codes of the hand signal are sent to a game application which is designed and create especially for the hand signal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานปัญหาพิเศษเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.กรกช ประชุมรักษ์ อาจารย์ผู้รับผิดชอบโครงงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ที่กรุณาให้คำแนะนำ เป็นที่ปรึกษาตลอดจนให้ความช่วยเหลือรวมไปถึงการแก้ปัญหาต่างๆ ให้โครงงานปัญหาพิเศษนี้สำเร็จออกมาได้

ขอขอบพระคุณ ผ ศ.สิริลักษณ์ อนันต์สถิตย์สิน และผศ.ดร.จีรพร ศรีสวัสดิ์ กรรมการสอบหัวข้อและโครงงานปัญหาพิเศษที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนให้ข้อชี้แนะจนในที่สุดทำให้โครงงานปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณชุมชนโอเพ่นซีวี (Open Source Computer Vision Library Community) และโอเพ่นซีวีกูเกิ้ลกรุ๊ป (OpenCV Google group) สำหรับคำปรึกษาและการชี้แนะแนวทางการออกแบบและทำการทดลองของการประมวลผลภาพ

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากโครงงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ คณะผู้จัดทำขอมอบให้กับบิดามารดาซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่งที่คอยสนับสนุนด้านกำลังใจและทุนทรัพย์ ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านรวมไปถึงเพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคน ที่คอยสนับสนุน ส่งเสริม ช่วยเหลือและให้ความร่วมมือต่างๆ เกี่ยวกับโครงงานปัญหาพิเศษไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ

มีนาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VIII

สารบัญภาพ IX

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา 1

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการศึกษา 2

1.5 ขอบเขตของการศึกษา 2

1.6 ขั้นตอนการศึกษา 2

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.8 อนาคต 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 การทำงานหลักเกี่ยวกับกระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับรูปภาพ 4

2.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับไลบารี่โอเพ่นซีวี 4

2.1.2 ประเภทของการเก็บข้อมูลของรูปภาพแบบดิจิตอล 4

2.2 ความรู้ที่ใช้ในการพัฒนาเกมแอพพลิเคชั่น 5

2.2.1 DirectX 5

2.2.2 DXFramework 5

2.3 ความรู้ที่ใช้ภายในไลบารี่โอเพ่นซีวี 5

2.3.1 การตัดภาพพื้นหลัง 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3.2 ลำดับขั้นตอนของการทำงาน แคมชิฟ....6
2.3.2.1 การคำนวณศูนย์กลางมวลสำหรับภาพสองมิติที่มีการกระจายตัว
ด้วยความน่าจะเป็น....7
2.3.2.2 ลำดับขั้นตอนของการทำงานแคมชิฟ....8
2.3.3 การหาเส้นรูปร่าง....9
2.3.4 การแทนเส้นรูปร่าง....11
2.3.5 ลำดับขั้นตอนของการทำงานค้นหาเส้นขอบซ้ำ....12
2.3.6 ลำดับขั้นตอนของการทำงานการตรวจจับขอบของแคนนี่....13
2.3.6.1 ความราบเรียบ....14
2.3.6.2 การคำนวณการไล่ระดับ....14
2.3.6.3 การขจัดจุดที่ไม่สูงสุด....15
2.3.7 จุดขอบเขต....15
2.3.8 ค่าความถี่สี....15
2.3.9 ฟังก์ชันของภาพ....16
2.3.10 โครงสร้างข้อมูลแบบไดนามิค....19
2.3.10.1 ตัวเก็บหน่วยความจำ....19
2.3.10.2 ลำดับ....19
2.3.10.3 การเขียนและการอ่านลำดับ....20
2.3.10.4 เซต....21
2.3.10.5 กราฟ....24
2.3.11 การดำเนินการของเมทริกซ์....27
2.3.11.1 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนระหว่าง IplImage
และ CvMat....29
2.3.12 การวาดแบบพื้นฐาน....30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาแอพพลิเคชั่น.....31
3.1 การออกแบบแอพพลิเคชั่น.....31
3.1.1 แผนภาพการทำงานของโปรแกรม.....31
3.2 การพัฒนาแอพพลิเคชั่น.....38
3.2.1 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับกล้องที่ใช้ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์.....38
3.2.2 ขั้นตอนการรับรูปภาพ การกำหนดภาพพื้นหลังและการกำหนดความถี่สี.....38
3.2.3 ขั้นตอนการลบภาพพื้นหลัง.....39
3.2.4 ขั้นตอนการค้นหาส่วนของมือ.....41
3.2.5 ขั้นตอนการค้นหาส่วนต่างๆ ของมือ.....41
3.2.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์และตีความความหมายของภาพมือที่โปรแกรมรับภาพเข้ามา.....45

บทที่ 4 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมและขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม.....47
4.1 ฮาร์ดแวร์ และ ซอฟต์แวร์สำหรับโปรแกรม.....47
4.2 อุปกรณ์.....47
4.3 ส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม.....48
4.4 ขั้นตอนการทำงานในส่วนของกระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับรูปภาพ.....50
4.5 ขั้นตอนการตั้งค่าก่อนเริ่มการทำงานของแอพพลิเคชั่นเมื่อรวมส่วนของอิมเมจโพรเซสซิ่งและเกมเข้าด้วยกัน.....54
4.5.1 สัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้ภายในเกม.....58
4.5.2 การทำงานภายในเกมเมื่อได้รับคำสั่ง.....60
4.5.2.1 คำสั่ง 1 นิ้ว.....60
4.5.2.2 คำสั่ง 2 นิ้ว.....60
4.5.2.3 คำสั่ง 3 นิ้ว.....62
4.5.2.4 คำสั่ง 4 นิ้ว.....62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.5.2.5 คำสั่ง 5 นิ้ว....63
4.5.2.6 คำสั่งพิเศษที่สามารถตีความได้ 1....64
4.5.2.7 คำสั่งพิเศษที่สามารถตีความได้ 2....64
4.6 ข้อจำกัดของการใช้โปรแกรมในสภาพแวดล้อมต่างๆ กัน....65

บทที่ 5 ผลสรุปและข้อเสนอแนะ....70
5.1 สรุปผล....70
5.1.1 ปัญหาต่างๆ ที่พบระหว่างการพัฒนาโปรแกรม....70
5.1.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม....71
5.2 ข้อเสนอแนะ....71
5.3 แนวทางการพัฒนาในอนาคต....71

ภาคผนวก ก....72

บรรณานุกรม....77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 ความสามารถในการแปลความหมายของมือที่ระยะต่างๆ.....69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 กราฟบล็อก (Block Diagram) ของลำดับขั้นตอนของการทำงานแคมชิฟ....7
2.2 ส่วนที่ตัดกันของความสว่างที่มีการกระจายตัว....9
2.3 แสดงการกระจายตัวของความสว่างในเฟรมถัดไป....9
2.4 รูปแบบการเชื่อมติดกันของพิกเซล....10
2.5 ลำดับชั้นของส่วนประกอบที่เชื่อมติดกัน....10
2.6 การแทนเส้นขอบด้วยวิธีของฟรีแมน....11
2.7 การเข้ารหัสด้วยวิธีของฟรีแมนจากส่วนประกอบที่อยู่ติดกัน....12
2.8 แสดงขั้นตอนของลำดับขั้นตอนของการทำงานการตรวจจับขอบของแคนนี่....13
2.9 การจัดระบบของตัวเก็บหน่วยความจำ....19
2.10 โครงสร้างของลำดับ....20
2.11 โครงสร้างของเซต....22
2.12 กราฟตัวอย่าง....26
2.13 โครงสร้างภายในสำหรับกราฟตัวอย่าง....26
3.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ....31
3.2 แผนภาพการทำงานโดยรวมของโปรแกรม....32
3.3 แผนภาพการตั้งค่าพื้นหลังเริ่มต้น....33
3.4 แผนภาพการตั้งค่าฮิสโตแกรมของสีผิวมือ....34
3.5 แผนภาพการตัดภาพพื้นหลัง....35
3.6 แผนภาพการแปลความหมายของมือที่รับเข้ามา....36
3.7 แผนภาพแสดงการทำงานของเกม....37
3.8 ภาพพื้นหลังที่ถูกกำหนดโดยโปรแกรม....38
3.9 ภาพการตั้งค่าความถี่สี....39
3.10 แสดงภาพมือที่ทำการตัดพื้นหลัง....40
3.11 แสดงภาพมือที่ทำการมาส์ค....41
3.12ก แสดงภาพของมือที่ทำการตัดภาพพื้นหลัง....41
3.12ข แสดงภาพของมือที่ใช้ค่าความถี่สีในการเลือก....41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.13 แสดงส่วนต่างๆ ของมือที่ใช้ในการวิเคราะห์	42
3.14 เส้นสีแดงแทนจุดพิกเซลที่ผ่านฟังก์ชั่น cvAppoxPoly	43
3.15 แสดงการดอท (DOT) กันของสองเวกเตอร์เพื่อหาจุดปลายนิ้วมือ	44
3.16 แสดงสี่เหลี่ยมที่เกิดจากการใช้ฟังก์ชั่นหาสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุด	44
3.17 แสดงภาพเมื่อพบจุดปลายนิ้วมือเพียงจุดเดียว	45
3.18ก แสดงความต่างในการตีความหมาย	45
3.18ข แสดงความต่างในการตีความหมาย	45
3.19ก แสดงการคำนวณเพื่อการตีความ	46
3.19ข แสดงการคำนวณเพื่อการตีความ	46
4.1 ภาพตัวอย่างของกล้องที่ใช้ติดต่อกับคอมพิวเตอร์	47
4.2 แสดงการจับภาพพื้นหลัง	50
4.3 แสดงภาพของมือเพื่อกำหนดค่าความถี่ของสีมือ	50
4.4 ภาพที่ได้จากการนำส่วนที่เป็นภาพพื้นหลังมาลบออกไป	51
4.5 ภาพแสดงการเลือกสีที่ใช่จากการกำหนดในรูปที่ 4.3	51
4.6 ภาพแสดงส่วนของมือที่โปรแกรมทำการวิเคราะห์ได้	52
4.7 แสดงส่วนของมือที่หาเจอโดยโปรแกรม	52
4.8 แสดงเส้นขอบมือ,จุดปลายของนิ้ว และค่าที่ตีความออกมา	53
4.9 ภาพเปิดของแอพพลิเคชั่น	54
4.10 ภาพคำอธิบายการเซตค่าพื้นหลังก่อนเริ่มเกม	54
4.11 แสดงภาพพื้นหลังที่ถูกกำหนดขึ้นจากการกด Space Bar	55
4.12 ภาพคำอธิบายวิธีการการกำหนดค่าความถี่ของสีมือของผู้เล่น	55
4.13 ภาพแสดงการกำหนดค่าความถี่ของสีมือของผู้เล่น	55
4.14 ภาพคำอธิบายการกำหนดมือเริ่มต้นของผู้เล่น	56
4.15 ภาพจากกล้องที่ทำการรอรับมือที่จะนำเข้ามาแปลความหมาย	56
4.16 ภาพของมือและความหมายที่ตีความได้	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.17 ภาพแสดงตัวละครเมื่อเข้าสู่หน้าหลักของแอพพลิเคชั่น....57
4.18 คำสั่ง 1 นิ้ว....58
4.19 คำสั่ง 2 นิ้ว....58
4.20 คำสั่ง 3 นิ้ว....58
4.21 คำสั่ง 4 นิ้ว....59
4.22 คำสั่ง 5 นิ้ว....59
4.23 คำสั่งพิเศษที่สามารถตีความได้ 1....59
4.24 คำสั่งพิเศษที่สามารถตีความได้ 2....60
4.25 แสดงการรับประทานอาหารเมื่อทำคำสั่ง 1 นิ้ว....60
4.26 แสดงการเริ่มต้นเล่นเกมเมื่อทำคำสั่ง 2 นิ้ว....61
4.27 แสดงภาพในกรณีที่ทายถูก....61
4.28 แสดงภาพในกรณีที่ทายผิด....61
4-29 แสดงการอาบน้ำเมื่อได้รับคำสั่งอาบน้ำเมื่อทำคำสั่ง 3 นิ้ว....62
4.30 ระดับที่ 1 การไหว้....62
4.31 ระดับที่ 2 การร้อยมาลัย....63
4.32 ระดับที่ 3 การเล่นระนาด....63
4.33 แสดงการกินขนมเมื่อได้รับคำสั่งกินขนมเมื่อทำคำสั่ง 5 นิ้ว....63
4.34 แสดงการแข่งขันเมื่อได้รับคำสั่งแข่ง....64
4.35 แสดงการนอนของสัตว์เลี้ยงเมื่อได้รับคำสั่งนอน....64
4.36 แสดงพื้นหลังที่มีแสงรบกวนเล็กน้อย....65
4.37 ภาพแสดงการตรวจจับมือในสภาพแวดล้อมที่มีแสงรบกวนเล็กน้อย....65
4.38 แสดงพื้นหลังที่มีสีใกล้เคียงกับสีผิวมนุษย์มาปะปนอยู่....66
4.39 ภาพแสดงการตรวจจับมือในสภาพแวดล้อมที่มีพื้นหลังสีใกล้เคียงกับสีผิว....66
4.40 แสดงพื้นหลังที่มีแหล่งกำเนิดแสงรบกวนมาก....67
4.41 ภาพแสดงการตรวจจับมือในสภาพแวดล้อมที่มีแหล่งกำเนิดแสงรบกวนมาก....67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.42 แสดงพื้นหลังที่มีส่วนอื่นๆ นอกจากมือเข้ามาในกล้องในปริมาณที่มากเกินไป....68
4.43 แสดงพื้นหลังที่มีส่วนอื่นๆ นอกจากมือเข้ามาในกล้องในสัดส่วนที่น้อยกว่าส่วนของมือ....68
4.44 แสดงพื้นหลังที่มีสีอื่นๆที่ไม่ใช่สีแดง ส้ม เหลืองเข้ามาปนแอพพลิเคชั่นยังสามารถ
ตีความได้ตามปกติ....69
4.45 แสดงมือที่ระยะต่างๆกันตั้งแต่น้อยกว่า 5 ซม. จนถึงมากกว่า 70 ซม....69
ก-1 แสดงไดเรคทอรี่ ..\Install\dxwebsetup.exe....72
ก-2 แสดงการเริ่มต้นการติดตั้งโปรแกรม DirectX runtime เวอร์ชัน 9.0 c....72
ก-3 แสดงการติดตั้งโปรแกรมDirectX runtime เวอร์ชัน 9.0 c เสร็จสิ้น....73
ก-4 แสดงไดเรคทอรี่ Install....73
ก-5 แสดงการเริ่มการติดตั้งโปรแกรม....74
ก-6 แสดงการไดเรคทอรี่ที่ต้องการติดตั้ง....74
ก-7 แสดงการเลือกโฟลเดอร์ที่ต้องการติดตั้ง....75
ก-8 แสดงการยืนยันการติดตั้งโปรแกรม....75
ก-9 แสดงความก้าวหน้าการติดตั้งโปรแกรม....76
ก-10 แสดงการติดตั้งเสร็จสิ้น....76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันนี้ ด้วยพื้นที่ที่มีจำนวนจำกัด และจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ประชากรต้องอาศัยอยู่กันอย่างแออัด เช่น อาศัยในคอมโดมิเนียม หรือหอพัก การที่จะมีสัตว์เลี้ยงไว้ในครอบครองนั้น ในบางที่อาจจะเป็นเรื่องที่ต้องห้ามของที่พักทำให้เกิดแนวคิดของสัตว์เลี้ยงดิจิตอล (Digital pet) ขึ้นมา เช่น ทามาก็อต หรือ นินเทนด็อก แต่จากสองตัวอย่างข้างต้นนั้น จะเห็นได้ว่าการเล่นกับสัตว์เลี้ยงทำได้เพียงกดปุ่มใส่คำสั่งแต่เพียงอย่างเดียว ทำให้เกิดแนวคิดที่จะจับการเคลื่อนไหวของมือเพื่อเล่นกับสัตว์เลี้ยงได้สมจริงยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มอรรถรสของการเลี้ยงสัตว์เลี้ยงดิจิตอล และเนื่องด้วยอุปกรณ์ที่ติดต่อกับกับมนุษย์นั้นนอกจากเป็นพิมพ์และเมาส์แล้วอุปกรณ์อื่นๆ ก็เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงมาก เช่นถุงมือ ทำให้เกิดแนวความคิดที่จะนำกล้องที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ (web camera) ซึ่งปัจจุบันนี้เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาถูกลงมากมาใช้จับการเคลื่อนไหวของมือในการเล่นกับสัตว์เลี้ยงจำลองในคอมพิวเตอร์ และเนื่องจากคอมพิวเตอร์กลายเป็นอุปกรณ์ดิจิตอลประจำบ้านไม่ว่าบ้านไหนๆ ก็มีคอมพิวเตอร์ จึงเป็นการสะดวกที่จะนำสัตว์เลี้ยงจำลองไปไว้ในคอมพิวเตอร์ที่เป็นอุปกรณ์ประจำบ้าน

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจับภาพการเคลื่อนไหวของมือ
2. นำสัญลักษณ์ที่จับภาพได้มาตีความเป็นคำสั่งนำไปถึงการใช้กล้องจับภาพวัตถุแล้วสามารถแสดงภาพ และแปลความหมายออกมาได้
3. นำผลลัพธ์ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในเชิงของมัลติมีเดียเพื่อความบันเทิงและแสดงถึงความสามารถในการนำเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

โปรแกรมนี้สามารถติดต่อกับกล้องเพื่อทำการรับภาพและสามารถแปลความหมายของสัญลักษณ์มือที่รับเข้ามาได้ ตลอดจนสามารถนำความหมายที่ตีความออกมาได้ไปประยุกต์ใช้ต่อในเชิงของมัลติมีเดีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการศึกษา

ผู้ทำโครงงานได้นำไลบารี่ (Library) ที่ค่อยสนับสนุนการทำงานด้านกระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับรูปภาพ (image processing) มาประยุกต์ใช้ในการทำงานการรับรูปภาพแบบในเวลาจริง (real-time) ซึ่งเป็นไลบารี่ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยกลุ่มบุคคลโดยมีบริษัทอินเทล (Intel) ให้การสนับสนุนพัฒนาขึ้นมาเพื่อรองรับการทำงานเกี่ยวกับการพัฒนาด้านการทำงานด้านกระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับรูปภาพในภาษาซีพลัสพลัส (C++) ทฤษฎีการตีความหมายของภาพ และนำสัญลักษณ์ที่มนุษย์นิยมใช้มาประยุกต์ใช้ภายในโปรแกรม

1.5 ขอบเขตของการศึกษา

โครงงานนี้มีขอบเขตการศึกษาดังนี้

1. สร้างโปรแกรมที่ทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ (กล้องที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์)
2. สร้างโปรแกรมเกี่ยวกับกระบวนการกระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับรูปภาพเพื่อทำการรับภาพสัญลักษณ์มือแล้วนำมาตีความ
3. นำความหมายของสัญลักษณ์ที่ตีความได้ไปประยุกต์ใช้โดยการทำเป็นเกมแอพพลิเคชั่น

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาการวิจัยเรื่องกระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับรูปภาพ
2. ศึกษารายละเอียดของโปรแกรมที่ต้องใช้ในโครงการนี้เช่นไมโครซอฟต์วิชวลสตูดิโอดอทเน็ต 2003 (Microsoft Visual Studio.NET 2003), โอเพ่นซีวีไลบารี่ (Library OpenCV), การเขียนโปรแกรมภาษาซีพลัสพลัส ฯลฯ
3. วิเคราะห์และออกแบบรูปแบบของโปรแกรม
4. ออกแบบส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้
5. เขียนโปรแกรมการติดต่อกับกล้อง
6. เขียนโปรแกรมส่วนของกระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับรูปภาพเพื่อทำการตีความหมายของภาพ
7. เขียนโปรแกรมส่วนของเกมที่นำความหมายของภาพไปประยุกต์ใช้
8. ทดสอบ และ แก้ไขส่วนที่ผิดพลาด
9. ทำเอกสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การพัฒนาของเล่นแนวใหม่ ซึ่งนอกจากจะใช้มือในการบังคับแล้ว ยังสามารถให้มือในการทำสัญลักษณ์เพื่อออกคำสั่ง ด้วยเทคโนโลยีสื่อผสม เป็นความก้าวหน้าของวงการของเล่น

1.8 อนาคต

พัฒนาการจับภาพให้เป็นแบบ 3 มิติ จำลองการใช้มือเพื่อการศึกษา เช่น ทดลองผ่าตัดกับคอมพิวเตอร์ก่อนลงมือจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทำงานหลักเกี่ยวกับกระบวนการทำงานเกี่ยวข้องกับรูปภาพ (Image Processing)

2.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับไลบารี่โอเพ่นซีวี (OpenCV Library)

โอเพ่นซีวีได้จัดเตรียมเครื่องมือที่หลากหลายสำหรับการแปลความหมายภาพ ซึ่งพัฒนาให้ทำงานร่วม กับ Intel® Image Processing Library (IPL) ซึ่งเป็นภาพที่จัดเตรียมไว้สำหรับการดำเนินการระดับล่างกับภาพที่ถูกแปลงเป็นตัวเลขแล้ว (Digital image) เช่นการทำงานแบบจัดการกับภาพฐานสอง (binarization), การกรองภาพ (filtering), การเก็บสถิติของภาพ (statistic) ฯลฯ โอเพ่นซีวีเป็นไลบารี่ขั้นสูงซึ่งจัดเตรียมลำดับขั้นตอนของการทำงาน (algorithms) ในเทคนิคต่างๆ เช่นเทคนิคการวัด (calibration), คุณสมบัติการตรวจจับ (detection), และติดตาม(tracking),การวิเคราะห์รูปร่าง,การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ ตลอดจนการสร้างภาพสามมิติ

ด้วยคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์มากบวกกับประสิทธิภาพและคุณภาพ ลำดับขั้นตอนของการทำงานบนพื้นฐานของโครงสร้างที่สามารถปรับเปลี่ยนได้และรองรับการทำงานกับโครงสร้างของIPL ซึ่งสามารถทำงานได้ดีบนสถาปัตยกรรมของ Intel® เช่น Pentium® MMX อาทิ Pentium® Pro, Pentium® III, Pentium® 4

โอเพ่นซีวีไลบารี่ถูกพัฒนาขึ้นโดยกลุ่มโอเพ่นซอสวิชั่น ซึ่งมีการพัฒนาปรับปรุงอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้สามารถนำไปปรับใช้กับคอมพิวเตอร์ที่มีการพัฒนาขึ้นเรื่อยๆ โดยซอฟต์แวร์ได้จัดเตรียมชุดการทำงานสำหรับกระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับรูปภาพ ได้แก่การทำงานกับรูปภาพและการทำงานสำหรับการวิเคราะห์ต่างๆ ซึ่งการทำงานเหล่านี้พัฒนาให้เหมาะกับสถาปัตยกรรมของ Intel® processors โดยโอเพ่นซีวีไลบารี่นั้นไม่ขึ้นกับแพลตฟอร์มใดๆ และสนับสนุนซอสโค้ดภาษาซี

2.1.2 ประเภทของการเก็บข้อมูลของรูปภาพแบบดิจิตอล

รูปพื้นฐานถูกแบ่งออกเป็น 4 ชนิด

<u>ภาพขาวดำ (Binary)</u> ทุกๆ พิกเซลเป็นได้แค่สีขาวหรือไม่ก็ดำเป็นได้แค่ 2 ค่าใช้แค่ 1 บิต ในการเก็บค่าซึ่งรูปภาพชนิดนี้มีประโยชน์มากในการเพราะใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลน้อย รูปขาวดำนิยมใช้กับภาพประเภทตัว อักษร (text file) ภาพลายนิ้วมือ โครงสร้างสถาปัตยกรรม

<u>ภาพสีเทา (Grayscale)</u> ทุกพิกเซลจะไล่ระดับสีของสีเทาจากโดยเริ่มจาก 0 (สีดำ) จนถึง 255 (สีขาว) ซึ่งช่วงนี้จะหมายถึงแต่ละพิกเซลจะถูกแสดงแทนโดยบิตทั้งหมด 8 บิต หรือ 1 บิต ซึ่งเป็นช่วงธรรมดาของการเก็บไฟล์รูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพสีเหมือนจริง หรือ อาร์จีบี (RGB) แต่ละพิกเซลจะทำการเก็บค่าสีแต่ละสีไว้ซึ่งแต่ละพิกเซลจะแทนแต่ละสีซึ่งประกอบไปด้วย สีแดง สีเขียว สีฟ้า แต่ละสีจะประกอบอยู่ภายในช่วงค่าตั้งแต่ 0-255 ซึ่งเมื่อครบ 3 สีจะได้ค่าทั้งหมด 255^3 = 16,777,216 ค่าความต่างที่เป็นไปได้ของสีซึ่งเพียงพอที่จะแสดงภายในรูปภาพจำนวนบิตทั้งหมดต้องการสำหรับแต่ละพิกเซลคือ 24 ดังนั้นรูปภาพจะถูกเรียกว่า ภาพสี 24 บิต (24 -bit colour images) โดยภาพจะประกอบไปด้วย 3 เมตริกซ์วางซ้อนกัน ซึ่งแสดงแทนค่าของสีแดง เขียว ฟ้า ในแต่ละพิกเซล ซึ่งหมายความว่าทุกๆ พิกเซลจะประกอบไปด้วยค่า สาม ค่าเหมือนกันเหมือนกับจานผสมสีของจิตกร พิกเซลบางค่าจะไม่ได้แสดงถึงค่าสีแต่ละเป็นตัวชี้ของตำแหน่งของสี เพื่อความสะดวกจึงจัดให้ภาพมีทั้งหมด 256 ตัวชี้ของสีหรือน้อยกว่านั้นและใช้ 1 บิตในการเก็บค่าตัวชี้สี

2.2 ความรู้ที่ใช้ในการพัฒนาเกมแอพพลิเคชั่น

2.2.1 ไดเร็กเอ็กซ์ (DirectX)

คือการรวบรวมฟังก์ชั่นการทำงานเกี่ยวกับโปรแกรมที่ทำการติดต่อกับฮาร์ดแวร์(API) สำหรับจัดการกับงานประเภทมัลติมีเดียโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เกมโปรแกรมมิ่งบนแพลตฟอร์มของไมโครซอฟต์ ไดเร็กเอ็กซ์ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อแข่งขันกับโอเพ่นจีแอล (OpenGL) ซึ่งในปัจจุบันไดเร็กเอ็กซ์นิยมนำมาใช้อย่างก้าวขวางในในการพัฒนาเกมโปรแกรมมิ่งและสำหรับไมโครซอฟต์วินโดว์, เซก้า ดรีมเคส, ไมโครซอฟต์เอ็กบ๊อกซ์ และไมโครซอฟต์เอ็กบ๊อกซ์ 360

2.2.2 ดีเอ็กซ์เฟรมเวิร์ก (DXFramework)

เอ็นจินสำหรับการสร้างเกมสองมิติสำหรับการเขียนบนไมโครซอฟต์วิชวลสตูดิโอโดยใช้เทคโนโลยีของไดเร็กเอ็กซ์ ฟังก์ชั่นการทำงานเกี่ยวกับภาพสองมิติของไดเร็กเอ็กซ์จะถูกรวบรวมให้ใช้งานได้ง่ายขึ้นผ่านทางดีเอ็กเฟรมเวิร์คดังนั้นเกมสองมิติจะถูกสร้างขึ้นง่ายๆภายใต้ดีเอ็กซ์เฟรมเวิร์คโดยไม่ต้องใช้ความรู้ด้านไดเร็กเอ็กซ์เอพีไอมากกัน

2.3 ความรู้ที่ใช้ภายในไลบารี่โอเพ่นซีวี

2.3.1 การตัดภาพพื้นหลัง (Background Subtraction)

พื้นหลัง คือ เซตของภาพที่ไม่มีการเคลื่อนที่ ซึ่งพิกเซลนั้น ไม่ขึ้นกับวัตถุใดๆ ที่เคลื่อนที่อยู่หน้ากล้อง นิยามนี้ สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ถ้า พิจารณาในเทคนิคของการตัดวัตถุที่กำหนด ตัวอย่างเช่น ถ้ากำหนดด้วยความลึกของภาพในฉาก พื้นหลังก็คือ ส่วนหนึ่งของฉากที่อยู่ไกลจากกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำพื้นหลังง่ายๆ จะสมมุติเอาว่า ทุกๆพื้นหลัง พิกเซล มีความสว่างแตกต่างกัน หรือเรียกว่า มีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal distribution) คุณสมบัติของพื้นหลังสามารถคำนวณได้โดย การเก็บสะสมจากหลายๆ เฟรม ค่าเฉลี่ยหาจาก ผลรวมของค่าพิกเซลในพื้นที่ ที่กำหนดให้เป็น S(x,y) และ ผลรวมของสีเหมือนของค่า Sq(x,y) สำหรับทุกๆ พิกเซลของรูปภาพ

ค่าเฉลี่ยความสว่างในแต่ละพิกเซล สามารถคำนวณได้ จาก

$m_{(x,y)} = S_{(x,y)} / N$,ซึ่ง N คือจำนวนของเฟรมที่เก็บ

ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐาน หาได้จาก

$$\sigma_{(x,y)} = \mathrm{sqrt}((Sq_{(x,y)} / N) - (S_{(x,y)} / N)^2))$$

พิกเซลในพื้นที่พิกเซลที่แน่นอนในเฟรมที่แน่นอนซึ่งพิจารณาวัตถุที่เคลื่อนที่จากเงื่อนไข

$$\mathrm{abs}(m_{(x,y)} - p_{(x,y)}) > c\sigma_{(x,y)}$$

ซึ่ง C คือค่าคงที่มาตรฐาน

C มีค่าเท่ากับ 3 ตามกฎผลรวม 3 ตัว (Three Sigma)

การหาโครงสร้างพื้นหลัง ในทุกๆ วัตถุควรจะถูกเก็บโดยกล้อง สำหรับเสี้ยววินาที และภาพสมบูรณ์จากกล้องจะแสดงพื้นหลังที่วิเคราะห์ได้

จากเทคนิคที่กล่าวมา สามารถเพิ่มความสามารถได้โดย เริ่มแรก จัดหาตัวปรับความต่างของพื้นหลังเพื่อปรับแสง และพื้นหลังของฉาก เมื่อกล้องเคลื่อนที่ หรือมีวัตถุเคลื่อนที่ผ่านวัตถุหลัก

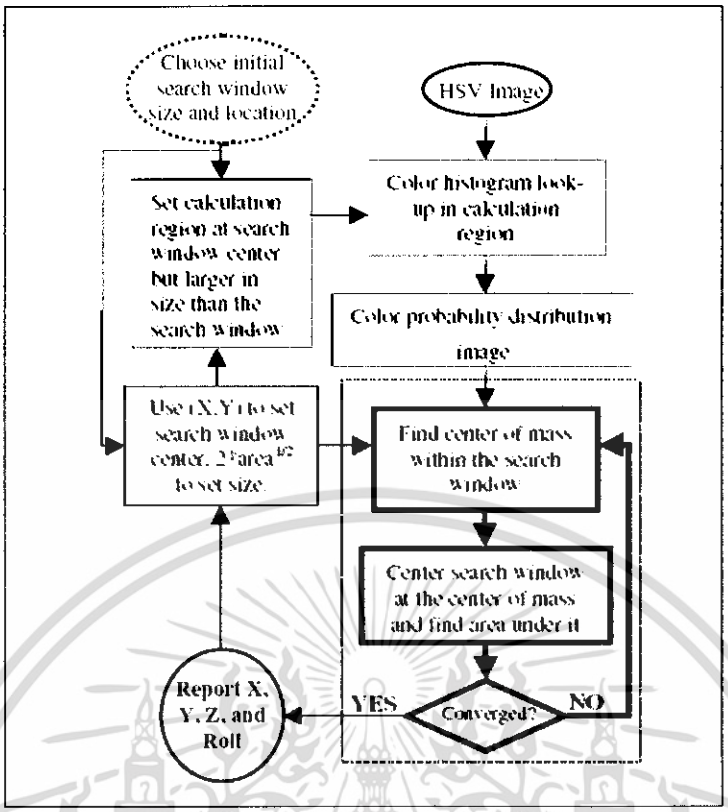
การเก็บสะสมค่าพื้นฐาน เพื่อการคำนวณค่ากลางของความสว่าง สามารถแทนที่ได้ด้วยการหาค่าเฉลี่ย แม้ว่าเทคนิคต่างๆ สามารถนำมาใช้ระบบส่วนที่มีการเคลื่อนไหวของฉากและแยกออก รวมถึงการตรวจจับและแทนที่ เช่น cvAbsDiff ด้วย cvThreshold, แนวการมองของสายตา, ความน่าจะเป็นต่างๆ และอื่นๆ

2.3.2 ลำดับขั้นตอนของการทำงาน แคมชิฟ (CamShift Algorithm)

มาจากลำดับขั้นตอนการทำงานแบบการหาค่าเฉลี่ยต่อเนื่อง (Continuously Adaptive Mean SHIFT Algorithm) ทุกๆ ภาพวิดีโอที่เข้ามา ภาพดิบจะถูกเปลี่ยนเป็นภาพสีที่มีการกระจายด้วยความน่าจะเป็นด้วยวิธีการของกราฟสีของสีที่จับได้ เช่น การติดตามหน้าคนด้วยสีเนื้อ

ศูนย์กลางและขนาดของสีวัตถุพบด้วยลำดับขั้นตอนของการทำงานแคมชิฟซึ่งทำงานบนภาพสีด้วยความน่าจะเป็นขนาดปัจจุบัน และพื้นที่บนการจับวัตถุจะรายงานและใช้ในการกำหนดขนาด และพื้นที่สำหรับค้นหาหน้าต่างในภาพวีดีโอวิธีการทำซ้ำสำหรับการตรวจจับที่ต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แผนภาพ (Block Diagram) ของลำดับขั้นตอนของการทำงานแคมชิฟ

แคมชิฟทำงานบนภาพที่กระจายตัวด้วยความน่าจะเป็นแบบสองมิติ ซึ่งสร้างมาจากกราฟหลักสำคัญของแคมชิฟคือลำดับขั้นตอนของการทำงานมีนชิฟ (Mean Shift algo)

ลำดับขั้นตอนของการทำงานมีนชิฟ

1. เลือกขนาดของหน้าต่างค้นหา
2. เลือกส่งค่าพื้นที่ของหน้าต่างค้นหา
3. คำนวณค่าเฉลี่ยของพื้นที่ในหน้าต่างค้นหา
4. ศูนย์กลางของหน้าต่างค้นหาที่ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ในข้อ 3
5. ทำซ้ำข้อ 3 และ 4 จะกระทั่งได้จุดศูนย์กลางของหน้าต่างค้นหาทำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งมีการเคลื่อนที่เข้าใกล้เป้าหมายมากกว่าเดิม

2.3.2.1 การคำนวณศูนย์กลางมวลสำหรับภาพสองมิติที่มีการกระจายตัวแบบความน่าจะเป็น (Mass Center Calculation for 2D Probability Distribution)

สำหรับภาพสองมิติที่มีการกระจายตัวด้วยความน่าจะเป็นของจุดศูนย์กลางมวล(The centroid) ภายในหน้าต่างค้นหา ซึ่งคำนวณได้จาก 3 ขั้นตอนถูกพบตามสมการข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การค้นหาโมเมนต์ลำดับที่ศูนย์

$$M_{00} = \sum_x \sum_y I(x,y)$$

การค้นหาโมเมนต์ลำดับที่หนึ่งสำหรับ x และ y

$$M_{10} = \sum_x \sum_y xI(x,y) \; ; \; M_{01} = \sum_x \sum_y yI(x,y)$$

การค้นหาค่าเฉลี่ยจุดศูนย์กลางมวล (the centroid) ของหน้าต่างที่ต้องการหาจากสมการ

$$x_c = M_{10} / M_{00} \; ; \; y_c = M_{01} / M_{00}$$

เมื่อ I(x,y) คือค่าพิกเซลความน่าจะเป็นในตำแหน่ง (x,y) จากภาพ, และช่วง x y เหนือหน้าต่างค้นหาต่างจากลำดับขั้นตอนของการทำงานมีนชิฟที่ออกแบบสำหรับการกระจายแบบคงที่ในแคมชิฟถูกออกแบบสำหรับการกระจายที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเกิดขึ้นเมื่อวัตถุในวิดีโอ

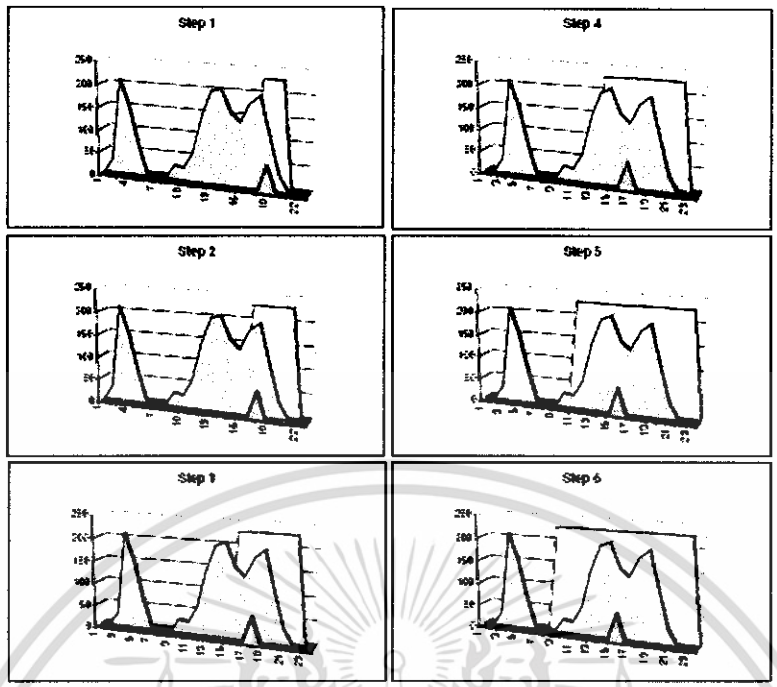
ลำดับภาพที่ถูกจับได้และวัตถุเคลื่อนที่ ดังนั้นขนาดและพื้นที่ของการกระจายด้วยความน่าจะเป็นในช่วงเวลาลำดับขั้นตอนของการทำงาน แคมชิฟปรับหน้าต่างค้นหาในช่วงเวลาของการทำงานการส่งค่าขนาดของหน้าต่างสามารถตั้งได้ตามค่าที่สมเหตุสมผล สำหรับการกระจายที่แยกออกจากกัน (ภาพดิจิตอล) ค่าขั้นต่ำของความยาวหน้าต่าง หรือ ความกว้างของหน้าต่าง คือ สามแคมชิพขึ้นอยู่กับข้อมูลจากโมเมนต์ลำดับที่ศูนย์แตกออกมาเป็นส่วนที่ทางภายในของลำดับขั้นตอนของการทำงานที่ต่อเนื่อง โดยถูกปรับร่วมให้เป็นส่วนหนึ่งเข้ากับขนาดของวินโดว์หรือทับแต่ละเฟรมวิดีโอ

2.3.2.2 ลำดับขั้นตอนของการทำงานแคมชิฟ

1. กำหนดขอบเขตของการกระจายตัวด้วยความน่าจะเป็นให้กับภาพทั้งหมด
2. เลือกพื้นที่รับค่าของหน้าต่างการค้นหามีนชิฟสองมิติ
3. คำนวณการเฉลี่ยความน่าจะเป็นของสีในช่วงกลางของภาพสองมิติของพื้นที่ในหน้าต่างค้นหา
4. เริ่มการทำงานของลำดับขั้นตอนการทำงานมีนชิฟเพื่อหาจุดศูนย์กลางของหน้าต่างค้นหาเก็บโมเมนต์ลำดับที่ศูนย์ (พื้นที่หรือขนาด) และศูนย์กลางพื้นที่
5. สำหรับเฟรมวีดีโอ ถัดไปศูนย์กลางของหน้าต่างค้นหาจากพื้นที่ค่าเฉลี่ย ถูกเก็บจากขั้นตอนที่ 4 และกำหนดขนาดของหน้าต่างในฟังก์ชั่นของโมเมนต์ลำดับที่ศูนย์ จากนั้นกลับไปทำขั้นตอนที่ 3

รูปที่ 2.2 แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของแคมชิฟค้นหาจุดศูนย์กลางของมวลที่เข้ามา รูปที่2.3 แสดงเฟรมถัดไปเมื่อหน้าและมือมีการเคลื่อนที่และมาบรรจบซ้ำกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ส่วนที่ตัดกันของความสว่างที่มีการกระจายตัว
(Cross Section of Flesh Hue Distribution)

สี่เหลี่ยมในหน้าต่างแคมชิฟถูกแสดงข้างหลังความสว่างที่มีการกระจายตัวเมื่อสามเหลี่ยมด้านหน้า ศูนย์กลางของหน้าต่างครอบแคมชิฟจะแสดงส่วนที่ซ้ำส่วนที่มาบรรจบกัน

รูปที่ 2.3 แสดงการกระจายตัวของความสว่างในเฟรมถัดไป

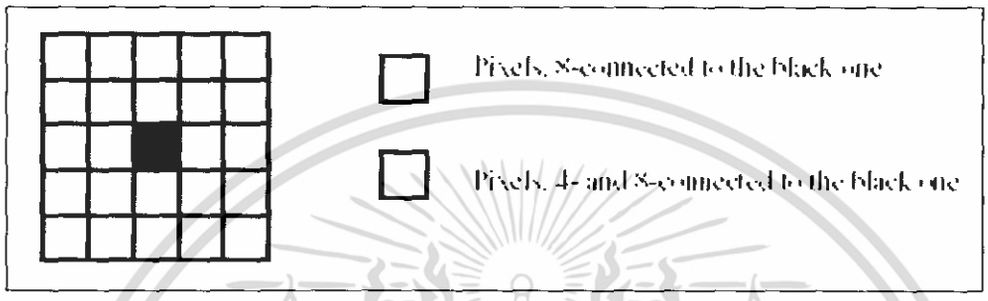
เริ่มต้นจากจุดเปลี่ยนในพื้นที่ค้นหาจากภาพที่ 2.3 จากขวาล่างแคมชิฟบรรจบที่จุดศูนย์กลางใหม่ของการกระจายในส่วนที่ซ้ำ

2.3.3 การหาเส้นรูปร่าง

จะเป็นการใช้ลำดับขั้นตอนของการทำงานเกี่ยวกับเรื่องเวคเตอร์ ซึ่งลำดับขั้นตอนของการทำงานที่ใช้หารูปร่างของราสเตอร์อิมเมจ (raster image) ในการแปลงเป็นภาพขาวดำ (binary

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

image) ภาพขาวดำคือ ภาพที่มีส่วนประกอบด้วย 0-พิกเซล ซึ่งก็คือ พิกเซลที่มีค่าเป็น 0 และ 1-พิกเซล ซึ่งก็คือ พิกเซลที่มีค่าเป็น 1 เท่านั้น เซทของ0-หรือ 1-พิกเซลที่เชื่อมติดกันจะทำให้เกิด 0- (1-) คอมโพเนนท์ (0-(-1)Component) โดยปกติจะมีประเภทของการเชื่อมติดกัน 2 ชนิด นั่นก็คือ แบบ 4-คอนเนคทิวิตี้ (connectivity) และ 8-คอนเนคทิวิตี้ โดยกำหนดให้ พิกเซล 2 พิกเซลอยู่ที่พิกัด (x',y') และ (x",y") จะเรียกว่าเป็นแบบ 4-คอนเนคทิวิตี้ ก็ต่อเมื่อ | x' - x" | + | y'-y" | = 1 และจะเรียกว่าเป็นแบบ 8-คอนเนคทิวิตี้ ก็ต่อเมื่อ max(| x' - x" |,| y'-y" |) = 1 ดังรูป



รูปที่ 2.4 รูปแบบการเชื่อมติดกันของพิกเซล

เมื่อใช้ความสัมพันธ์นี้ รูปจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนประกอบที่ไม่มีการทับซ้อนกันเป็นส่วนๆ 1-(0-) 4-คอนเนค (8-คอนเนค) ในแต่ละเซทจะประกอบไปด้วยพิกเซลที่มีค่าที่เท่ากัน ซึ่งก็คือ ทั้งหมดเป็นพิกเซลที่มีค่าเป็น 0 หรือ 1 และมีคู่ของพิกเซลที่อยู่ระหว่างจุดสองจุดของอีกเซท รูปส่วนประกอบต่างๆ จะมีความสัมพันธ์กันดังรูป

รูปที่ 2.5 ลำดับชั้นของส่วนประกอบที่เชื่อมติดกัน

1-คอมโพเนนท์ W1,W2 และ W3อยู่ภายในเฟรม (0-คอมโพเนนท์ B1) แสดงว่าถูกล้อมรอบด้วย B1

0-คอมโพเนนท์ B2 และ B3 อยู่ภายใน W1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1-คอมโพเนนท์ W5 และ W6 อยู่ภายใน B4 ซึ่งอยู่ภายใน W3 ดังนั้น 1-คอมโพเนนท์ อยู่ภายใน W3 โดยตรง แต่ทั้ง W5 และ W6 ไม่ได้อยู่ติดกับส่วนอื่นที่แสดงว่ามันจะอยู่ระดับชั้นเดียวกันกับส่วนอื่น

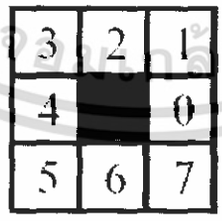
ถ้าหากต้องการหลีกเลี่ยงความขัดแย้งที่เกิดจากโครงสร้าง 0-พิกเซลจะถือว่าเป็นพิกเซล 8-(4-) คอนเนท ในกรณีที่ 1-พิกเซล จะเกี่ยวข้องกับ 4-(8-) คอนเนค โดยจะสมมติว่าจากรูปนี้ 1-พิกเซลเป็น 8-คอนเนท และ0-พิกเซลเป็น 4-คอนเนท

จากการที่ 0-คอมโพเนนท์จะเสริมให้ 1-คอมโพเนนท์มีความสมบูรณ์และแยก1-คอมโพเนนท์ให้ออกจากชิ้นส่วนอื่นที่ไม่ติดกันโอเพ่นซีวีไลบารี่จึงพิจารณาเพียงแค่ส่วนที่เป็นโครงสร้างในการศึกษาเท่านั้น ส่วนที่เป็น 0-พิกเซลจะถือว่าเป็นภาพพื้นหลัง ในส่วนของ0-คอมโพเนนท์ที่ถูกล้อมรอบด้วย 1-คอมโพเนนท์โดยตรงก็จะเรียกว่า หลุมโฮลล์ (hole) ของ 1-คอมโพเนนท์ จุดในเส้นขอบของ1-คอมโพเนนท์ ก็คือพิกเซลใดๆที่อยู่ในส่วนนั้น และมี 4-คอนเนค เชื่อมกับ 0-พิกเซล เซทของจุดในเส้นขอบนั้นจะเรียกว่า เส้นขอบ (border)

ในแต่ละ 1-คอมโพเนนท์จะมี เส้นขอบภายนอก (outer border) ซึ่งจะแบ่งตัวเองออกจาก 0-คอมโพเนนท์ที่ล้อมรอบอยู่ และอาจจะมี เส้นขอบของหลุมโฮลล์ (hole border) มากกว่า1 หลุมโฮลล์ ที่แบ่งส่วนของ1-คอมโพเนนท์ออกจาก 0-คอมโพเนนท์ที่อยู่รอบๆ จะเห็นได้ชัดว่าเส้นขอบภายนอกและเส้นขอบหลุมโฮลล์จะทำให้สามารถอธิบายรูปของส่วนประกอบนั้นได้จนครบ ดังนั้นเมื่อมีเส้นขอบทั้งหมดก็สามารถชี้ให้เห็นถึงเส้นรูปร่าง (contour) ของทุกๆชิ้นส่วนได้ ด้วยการเก็บข้อมูลทั้งหมดเกี่ยวกับการจัดลำดับขั้นแทนด้วยการบีบอัดภาพของรูปไบนารีต้นแบบ

2.3.4 การแทนเส้นรูปร่าง (Contour Representation)

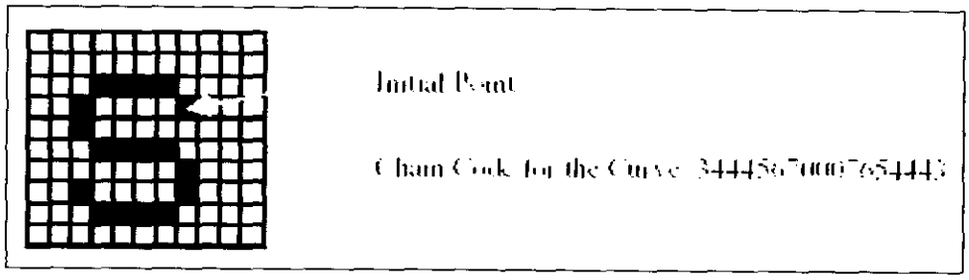
ไลบรารี่ของโอเพ่นซีวีใช้ 2 วิธีในการแทนเส้นรูปร่าง วิธีแรก จะเรียกว่า วิธีของฟรีแมน (Freeman method) หรือ สายโซ่รหัส ซึ่งจะแทนพิกเซลเพื่อนบ้านของพิกเซลหลักด้วยรหัสจาก 0-7



รูปที่ 2.6 การแทนเส้นขอบด้วยวิธีของฟรีแมน

จากลำดับของจุด8-คอนเนค เส้นขอบจะถูกเก็บเป็นคู่อันดับจากจุดเริ่มต้นตามด้วยรหัสที่แสดงถึงตำแหน่งที่ตัวถัดไปมีความสัมพันธ์กับจุดปัจจุบัน (ดังรูปที่ 2.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การเข้ารหัสด้วยวิธีของฟรีแมนจากส่วนประกอบที่อยู่ติดกัน

และอีกวิธีหนึ่งคือแทนด้วยเส้นหลายเหลี่ยมเมื่อเส้นโค้งถูกแทนด้วยลำดับของจุดของเส้นหลายเหลี่ยม แต่การแทนแบบนี้มักจะทำให้เกิดการก่อกวนอยู่บ่อยๆ

2.3.5 ลำดับขั้นตอนของการทำงานค้นหาเส้นขอบซ้ำ (Contour Retriving Algorithm)

ใช้ 4 ลำดับขั้นตอนของการทำงานในการหาเส้นรูปร่างตามลำดับ ดังนี้

1. ลำดับขั้นตอนของการทำงานในการหาเส้นรูปร่างภายนอกที่อยู่นอกสุดแล้วคืนค่าลิงก์ลิสต์ (linklist) ออกมา จากรูป 2.5 ก็คือ เส้นขอบเขตของ W1,W2และ W3
2. ลำดับขั้นตอนของการทำงานในการคืนค่าเส้นรูปร่างทั้งหมดเป็นลิงก์ลิสต์ จากรูป 2.6 ก็คือ รูปร่าง 8 รูปร่างทั้งหมด
3. ลำดับขั้นตอนของการทำงานที่ใช้หาส่วนประกอบที่เชื่อมต่อกันด้วยกันสร้างเป็นระดับชั้น 2 ระดับ ก็คือ ในระดับบนเป็นขอบด้านนอกของส่วนพิกเซลที่เป็น 1-โคเมน(1-domain) และในระดับถัดมาจะเก็บเส้นขอบที่ติดต่อกับลิสต์ของหลุมโฮลล์ที่อยู่ในส่วนประกอบนั้นไว้ในส่วนหัว (Header) แล้วคืนค่าออกมา ในลิสต์นั้นจะสามารถถูกเข้าหาได้ด้วย v_next จากส่วนหัวของเส้นรูปร่างภายนอก จากรูปที่2.5 จะพบว่า W2,W5และW6 ไม่มีหลุมโฮลล์ภายในนั้น ส่วนส่วนหัวของเส้นรูปร่างภายนอกจึงไม่มีลิสต์ของเส้นรูปร่างหลุมโฮลล์ ในขณะที่ W1 มี 2 หลุมโฮลล์ ส่วนส่วนหัวของเส้นรูปร่างภายนอกจึงมีลิสต์ของเส้นรูปร่างหลุมโฮลล์ทั้ง 2 หลุม และ W3 ส่วนส่วนหัวของเส้นรูปร่างภายนอกจะมีลิสต์ของเส้นรูปร่างหลุมโฮลล์เพียงหลุมเดียว
4. ลำดับขั้นตอนของการทำงานที่ 4 นี้จะคืนค่าทรีของลำดับชั้น(hierarchical tree) ของเส้นรูปร่างทั้งหมดที่ประกอบไปด้วยลิสต์ของเส้นรูปร่างที่ล้อมรอบไปด้วยเส้นรูปร่างอื่นโดยตรง เช่น เส้นหลุมของ W3 มีลูก 2 ตัวคือ เส้นรูปร่างภายนอกของ W5 และ W6

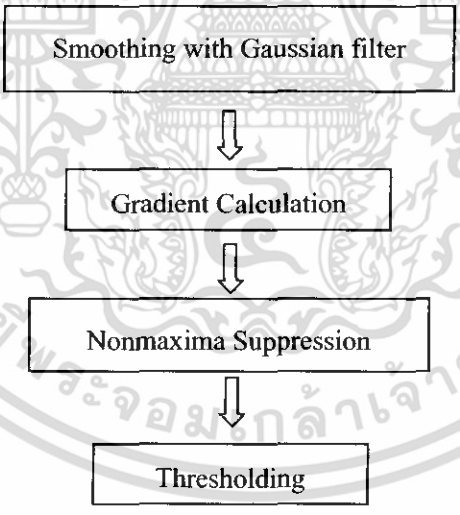
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากลำดับขั้นตอนของการทำงานทั้งหมดที่กล่าวมานี้จะทำกับรูปภาพเพียงครั้งเดียวเท่านั้น แต่ว่าก็ยังมีอินสแตนท์ (Instance) ที่ต้องการผ่านกระบวนการมากกว่า 1 ครั้ง จึงควรใช้ลำดับขั้นตอนของการทำงานกระทำแบบบรรทัดต่อบรรทัด

อย่างไรก็ตามลำดับขั้นตอนของการทำงานอาจจะพบกับจุดที่อยู่บนเส้นใหม่ กระบวนการหาเส้นขอบก็จะบรรจุเส้นขอบใหม่ลงในสายโซ่ ในขณะที่ดำเนินกระบวนการหาเส้นขอบทำเครื่องหมายบนจุดที่ผ่านมาแล้วด้วยค่าลบหรือบวกพิเศษ ถ้ามีเพื่อนบ้านทางด้านขวาของจุดที่พิจารณาอยู่เป็น 0-พิกเซล ก็จะทำเครื่องหมายบนจุดนี้เป็นค่าลบ ในทางกลับกันถ้าไม่ใช่ 0-pixel ก็จะทำเครื่องหมายเป็นค่าบวก ซึ่งจะทำให้สะดวกต่อการระบุเส้นขอบที่ถูกตัดผ่านหรือสัมผัสกับเส้นขอบอื่น ซึ่งลำดับขั้นตอนของการทำงานที่หนึ่งและที่สองจะใส่เครื่องหมายให้กับรูปร่างด้วยค่าเดียวกัน และในลำดับขั้นตอนของการทำงานที่สามและที่สี่จะเป็นตัวระบุชื่อให้กับรูปร่างแต่ละส่วนซึ่งจะใช้ในจับตัวแพเรนท์ (parent) ของการเจอเส้นขอบใหม่ๆ

2.3.6 ลำดับขั้นตอนของการทำงานการตรวจจับขอบของแคนนี่ (Canny Edge Detection Algorithm)

ขั้นตอนการหาขอบโดยวิธีของแคนนี่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงขั้นตอนของลำดับขั้นตอนของการทำงาน การตรวจจับขอบของแคนนี่ (Canny edge detection)

การทำงานการตรวจจับขอบของแคนนี่นั้นเริ่มต้นจากการปรับภาพให้เรียบ (Smoothing) ด้วยตัวกรองเกาเซียน (Gaussian filter) เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน หลังจากนั้น คำนวณค่าขนาด (magnitude) และทิศทาง (orientation) ของการไล่ระดับโดยใช้การหาอนุพันธ์อันดับหนึ่งในถัดมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงใช้ส่วนที่ไม่ใช่จำนวนสูงสุด (non maxima suppression) กับการไล่ระดับที่มีความสำคัญ (gradient magnitude) เพื่อทำให้ได้ขอบที่บางลง และในขั้นตอนสุดท้ายใช้ลำดับขั้นตอนของการทำงานจุดขอบเขตสองเท่าเพื่อระบุพิกเซลที่เป็นขอบ และช่วยเชื่อมต่อขอบโดยในแต่ขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.6.1 การทำให้เรียบ (Smoothing)

ในขั้นตอนแรกของการหาขอบโดยอัลกอริทึมนี้จะต้องกำจัดสัญญาณรบกวนออกก่อน โดยใช้ตัวกรองของเกาส์เซียนซึ่งสามารถคำนวณได้จากการใช้มาส์ค (mask) ขนาดเล็ก ขนาดของเกาส์เซียนมาส์ค(Gaussian mask) นี้หากมีขนาดกว้างจะมีผลทำให้ลดสัญญาณรบกวนได้มาก แต่ถ้ากว้างมากเกินไปจะมีผลทำให้ขอบย่อยๆที่เป็นส่วนรายละเอียดนั้นหายไป สำหรับการคำนวณหาภาพที่ได้จากการใช้ตัวกรองของเกาส์เซียน ดังสมการด้านล่าง

$$S[i, j] = G[i, j, \sigma]* I[i,j]$$

กำหนดให้

I[i, j] เป็นภาพที่ต้องการหาขอบ

G[i, j, σ] เป็นตัวกรองการทำภาพให้เรียบแบบเกาส์เซียน (Gaussian smoothing filter)

σ เป็นการกระจายทั่วไปของเกาส์เซียน (spread of the Gaussian) ควบคุมระดับความเรียบ

2.3.6.2 การคำนวณการไล่ระดับ (Gradient Calculation)

ในขั้นแรกนำของการทำภาพให้เรียบ S[i, j] มาสร้าง x,y ซึ่งพัฒนามาจาก P[i, j] และ Q[i, j] ตามลำดับ ดังสมการที่ 2-1 และ 2-2

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

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

หลังจากนั้นนำค่าอนุพันธของ x , y มาคำนวณด้วยสูตรมาตรฐานสำหรับการแปลงรูปแบบจาก สี่เหลี่ยมมุมฉากไปเป็นเชิงขั้ว (rectangular-to-polar conversion) เพื่อหาขนาดและทิศทางของการไล่ระดับตามสมการที่ 2-3

$$M[i, j] = \sqrt{P[i, j]^2 + Q[i, j]^2}$$

$$\theta[i, j] = \arctan(Q[i, j], P[i, j]) \quad (2\text{-}3)$$

จากสมการข้างต้นจะสามารถหาค่ามุม θ ออกมาได้เมื่อแทนค่าตัวแปรในฟังก์ชั่น arctan (x , y)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6.3 การขจัดจุดที่ไม่สูงสุด (Non maxima Suppression)

สำหรับการหาขอบโดยวิธีการของแคนนี่จุดที่ถือเป็นเส้นขอบได้นั้นต้องเป็นจุดที่ให้ค่าสูงสุดเฉพาะที่และเป็นทิศทางเดียวกับการไล่ระดับด้วย ซึ่งด้วยวิธีดังกล่าวนี้ทำให้ได้ขอบที่บางเพียง 1 พิกเซล ภาพที่ได้หลังการทำการขจัดจุดที่ไม่สูงสุด จะให้ค่าเป็นศูนย์ในทุกจุดยกเว้นจุดที่เป็นจุดสูงสุด (local maxima points) ซึ่งจะยังคงค่าเดิมไว้

2.3.7 จุดขอบเขต (Threshold)

ฟังก์ชันจุดขอบเขต (Threshold) มีหน้าที่ 2 หน้าที่หลัก คือ

- ปิดเฉพาะพิกเซลที่ไม่ได้อยู่ในขอบเขตที่แท้จริงออกไป
- ทำให้ภาพสีเทา (grayscale) เป็นภาพแบบไบ-เลเวล (bi-level) หรือภาพขาวดำ (black and white image)

ผลจากภาพจะถูกใช้เป็นมาส์ค (mask) หรือเป็นแหล่งวัตถุดิบที่ใช้เพื่อการคัดเป็นโครงสร้างที่ต้องการขั้นสูง เช่นการหาเส้นขอบ

โดยปกติแล้วจะให้ค่า เธสโฮลด์ คือ ฟังก์ชัน t(x,y) ดังนี้

$$\text{dst}(x,y) = \begin{cases} \text{maxValue}, & \text{if } \text{src}(x,y) > T(x,y) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.4.1)$$

โดยที่ f(x,y,p(x,y)) จะได้มาจาก g(x,y)<p(x,y)<h(x,y) โดยที่ g กับ h เป็นฟังก์ชันของค่าพิกเซล ซึ่งโดยปกติแล้วจะเป็นค่าคงที่ธรรมดา

ค่าจุดขอบเขตจะแบ่งเป็น 2 ประเภทหลัก ประเภทที่1จะใช้ฟังก์ชันg และ h ที่ได้ค่าจากการคาดเดาเป็นค่าคงที่ที่ใช้ทั่วทั้งรูป ไม่ขึ้นกับตำแหน่งในภาพ แต่วิธีนี้อาจจะไม่ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตำแหน่งนั้น จึงจึงควรใช้กราฟค่าความถี่สี (Histogram) หรือค่าสถิติอื่นของรูปภาพเข้ามาช่วย ประเภทที่ 2 จะเลือกค่า g กับ h ตามค่าความเข้มแสงของพิกเซลข้างเคียง

ฟังก์ชันที่ใช้ในที่นี้จะเป็น IPL_DEPTH_8U, IPL_DEPTH_8S หรือ IPL_DEPTH_32F

2.3.8 ค่าความถี่สี (Histogram)

ค่าความถี่เป็นการประมาณแบบไม่ต่อเนื่องของตัวแปรสุ่มตามระดับความน่าจะเป็น ซึ่งตัวแปรต่างๆนี้อาจจะเป็นตัวแปรแบบสเกลาร์ (Scalar) หรือเวคเตอร์ (Vector) ก็ได้ กราฟค่าความถี่สีถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในการทำกระบวนการอิมเมจ (image processing) และคอมพิวเตอร์วิชั่น (computer vision) เช่นค่าความถี่สี 1 มิติจะมีประโยชน์ในด้านต่างๆดังนี้

- การปรับปรุงภาพสีเทา
- ระบุระดับค่าขอบเขตที่เหมาะสม
- เลือกสีผ่านความสว่างของกราฟค่าความถี่สี (hue histogram)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟค่าความถี่สี 2 มิติมีประโยชน์ดังนี้

- วิเคราะห์และแบ่งสีรูปภาพ และการปรับแสง
- วิเคราะห์และแบ่งพื้นที่การเคลื่อนไหว (motion field)
- วิเคราะห์รูปร่างหรือลวดลายพื้นผิว (texture)

ในการใช้ค่าความถี่สีแต่ละแบบใช้ฟังก์ชัน CvHistogram

2.3.9 ฟังก์ชันของภาพ

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการจัดการกับภาพแบบลาสเตอร์ (raster) ไลบรารีของโอเพ่นซีวีจะใช้รูปแบบของภาพเป็น IplImage ซึ่งมาจาก Intel® Image Processing Library (IPL)

ตัวอย่างที่ 2-1 นิยามโครงสร้างของ IplImage

```
typedef struct _IplImage {
    int nSize; /* size of iplImage struct */
    int ID; /* image header version */
    int nChannels;
    int alphaChannel;
    int depth; /* pixel depth in bits */
    char colorModel[4];
    char channelSeq[4];
    int dataOrder;
    int origin;
    int align; /* 4- or 8-byte align */
    int width;
    int height;
    struct _IplROI *roi; /* pointer to ROI if any */
    struct _IplImage *maskROI; /*pointer to mask ROI if any */
    void *imageId; /* use of the application */
    struct _IplTileInfo *tileInfo; /* contains information on tiling */
    int imageSize; /* useful size in bytes */
    char *imageData; /* pointer to aligned image */
    int widthStep; /* size of aligned line in bytes */
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    int BorderMode[4]; /* the top, bottom, left,
    and right border mode */
    int BorderConst[4]; /* constants for the top, bottom,
    left, and right border */
    char *imageDataOrigin; /* ptr to full, nonaligned image */
} IplImage;
```

จากตัวอย่างด้านบน width และ height จะเก็บค่าความกว้างและความสูงของรูปภาพเป็นแบบพิกเซล ส่วน dept จะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของค่าพิกเซล

โดยที่ค่าที่เป็นไปได้ของ dept ในไฟล์ส่วนหัว ipl.h ประกอบไปด้วย

IPL_DEPTH_8U - ค่าจำนวนเต็ม 8-บิต แบบไม่มีเครื่องหมาย (unsigned char)

IPL_DEPTH_8S - ค่าจำนวนเต็ม 8-บิต แบบมีเครื่องหมาย (signed char หรือ char)

IPL_DEPTH_16S - ค่าจำนวนเต็ม 16-บิต แบบมีเครื่องหมาย (short int)

IPL_DEPTH_32S - ค่าจำนวนเต็ม 32-บิต แบบมีเครื่องหมาย (int)

IPL_DEPTH_32F - ค่าจำนวนจริงด้วยเลขทศนิยมแบบความละเอียดปกติ 32-บิต (float)

จากค่าที่เป็นไปได้ข้างต้น ค่าที่มีความสอดคล้องกันในภาษา C จะปรากฏอยู่ในวงเล็บ ในส่วนพารามิเตอร์ nChannels หมายถึงจำนวนระดับของสีในภาพ โดยที่ในภาพขาวดำจะมีเพียงช่อง (Channel)เดียวหรือระดับสีเดียว ในขณะที่ภาพสีส่วนใหญ่จะมี 3 หรือ 4 ช่อง ต่อมา origin จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าตำแหน่งบนของภาพ (origin == IPL_ORIGIN_TL) หรือตำแหน่งล่างของภาพ (origin == IPL_ORIGIN_BL) จะเป็นจุดเริ่มต้น ส่วนพารามิเตอร์dataOrder บ่งชี้ว่าระดับของสีในภาพเป็นแบบผสม (dataorder == IPL_DATA_ORDER_PIXEL) หรือเป็นแบบแยก (dataorder == IPL_DATA_ORDER_PLANE) พารามิเตอร์ widthStep เก็บจำนวนไบท์ (byte) ระหว่างจุดในคอลัมน์เดียวกันและแถวที่ติดกัน พารามิเตอร์ width นั้นไม่เหมาะจะนำมาใช้คำนวณหาระยะห่างเนื่องจากในแต่ละแถวอาจจะเรียงตัวโดยมีจำนวนไบท์คงที่ เพื่อให้การทำงานของภาพที่เร็วขึ้น ทำให้อาจจะมีช่องว่างระหว่างส่วนท้ายของแถวที่ i และส่วนต้นของแถวที่ i+1 ส่วนต่อมาคือพารามิเตอร์ imageData จะเก็บพอยท์เตอร์ (pointer) ชี้ไปที่แถวแรกของข้อมูลรูปภาพ ถ้ามีระดับของภาพที่แยกกันหลายระดับ (คือเมื่อ dataorder == IPL_DATA_ORDER_PLANE) มันจะถูกเก็บเป็นลำดับแบบแยกภาพกัน ด้วยจำนวนแถวรวมเป็น height*nChannels

มีความเป็นไปได้ที่จะเลือกบางส่วนของภาพเท่านั้นเป็นรูปแบบของสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือบางระดับสีของภาพหรือทั้งสองอย่าง และจะทำงานกับเฉพาะส่วนนี้เท่านั้น ส่วนของสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่เลือกเรียกว่า รีเจี้ยนออฟอินเทอร์เรส (Region of Interest) หรือ อาร์โอไอ (ROI) โครงสร้างของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
73317

IplImage จะมีอาร์โอไอ(ROI) ซึ่งถ้าพอยท์เตอร์ไม่เป็น นัล (NULL) มันจะชี้ไปที่โครงสร้างของ IplROI ซึ่งจะเก็บพารามิเตอร์ของอาร์โอไอที่เลือก ไม่เช่นนั้นส่วนที่เลือกจะถือว่าเป็นทั้งภาพเลย

ตัวอย่างที่ 2-2 นิยามโครงสร้างของ IplROI

```
typedef struct _IplROI {
        int coi; /* channel of interest or COI */
        int xOffset;
        int yOffset;
        int width;
        int height;
} IplROI;
```

จากตัวอย่าง IplROI จะมีจุดเริ่มต้นและขนาดของอาร์โอไอเช่นเดียวกับการระบุซีโอไอ ("Channel of Interest") ในส่วนของซีโอไอ ถ้าเท่ากับ 0 จะหมายถึงทุกช่องสีของภาพถูกเลือก ไม่เช่นนั้นมันจะระบุเฉพาะที่เลือกไว้

โอเพ่นซีวีนั้นไม่เหมือนกับ IPL ทั้งหมด แต่จะสนับสนุนบางส่วนของ IplImage เท่านั้น

- ในแต่ละฟังก์ชันจะสนับสนุนเฉพาะบางระดับ และ/หรือ บางจำนวนของช่องสีเท่านั้น เช่น ฟังก์ชันทางสถิติของภาพจะสนับสนุนเฉพาะที่เป็น 1 หรือ 3 ช่องสี ภาพของความลึก ซึ่งก็คือ IPL_DEPTH_8U, IPL_DEPTH_8S หรือ IPL_DEPTH_32F เท่านั้น
- โอเพ่นซีวีจะสนับสนุนเฉพาะภาพแบบผสม ไม่เป็นแบบแยก
- ในส่วนของ colorModel, channnelSeq, BorderMode และ BorderConst จะไม่ถูกพิจารณา
- align จะไม่ถูกพิจารณา และ widthStep จะนำมาใช้แทนการคำนวณซ้ำตัวมันเองโดยการใช้ width และ align
- maskROI และ tileInfo ต้องเป็น 0
- การสนับสนุน COI นั้นค่อนข้างมีข้อจำกัด เฉพาะฟังก์ชันทางสถิติของภาพเท่านั้นที่สามารถรองรับค่าที่ไม่เป็น 0 ของ COI โดยใช้ฟังก์ชัน CvtPixToPlane และ CvtPlaneToPix
- ROI ของทุกๆ ภาพ ทั้งข้อมูลเข้าและออก ต้องเข้ากันกับภาพอื่น 1 ภาพ เช่น ภาพที่เป็นข้อมูลเข้าและออกของฟังก์ชัน Erode จะต้องมี ROI ที่มีขนาดเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งๆ ที่มีข้อจำกัด แต่โอเพ่นซีวีนั้นยังถือว่าสนับสนุนรูปแบบที่ใช้ส่วนใหญ่ที่สนับสนุนโดย IplImage ดังนั้น จึงสามารถนำมาใช้กับ IPL ได้กับรูปแบบปกติของ IplImage

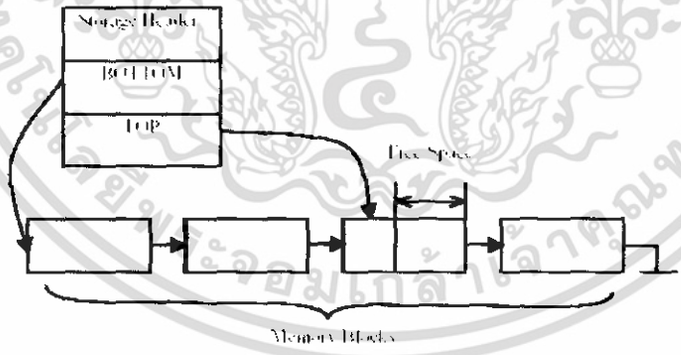
ฟังก์ชันที่จะอธิบายในบทนี้ส่วนใหญ่จะเป็นทางลัดในการสร้าง, ทำลาย และการทำงานปกติอื่นๆ บน IplImage ซึ่งมันจะครอบคลุมฟังก์ชันของ IPL

2.3.10 โครงสร้างข้อมูลแบบไดนามิค

ในส่วนนี้จะอธิบายถึงโครงสร้างของข้อมูลที่เปลี่ยนขนาดได้ และฟังก์ชันพื้นฐานที่ออกแบบมาเพื่อทำโครงสร้างเหล่านี้

2.3.10.1 ตัวเก็บหน่วยความจำ (Memory Storage)

ตัวเก็บหน่วยความจำจะมีพื้นที่สำหรับเก็บโครงสร้างข้อมูลแบบไดนามิค ตัวเก็บจะประกอบไปด้วยตัวส่วนหัว (header) และดับเบิ้ลลิงค์ลิสต์ (double-link list) ของบล็อก (block) ของหน่วยความจำ ลิสต์นี้จะเปรียบเสมือนสแต็ค (stack) คือ ในส่วนของส่วนหัวจะเก็บพอยท์เตอร์ที่ชี้ไปยังบล็อกที่ไม่ได้ถูกยึดครอง และค่าจำนวนเต็มซึ่งเป็นจำนวนของไบท์ในบล็อกนั้น เมื่อพื้นที่ที่ว่างในบล็อกนั้นหมดพอยท์เตอร์จะถูกเลื่อนไปยังบล็อกถัดไปถ้ามี ไม่เช่นนั้นมันจะสร้างบล็อกใหม่ที่มีขนาดเดียวกัน และดังนั้น วิธีการนี้จะทำให้แน่ใจว่าการจัดสรรหน่วยความจำให้นั้นมีความแน่นอนถูกต้อง และช่วยให้หลีกเลี่ยงการเกิดการเสียหน่วยความจำไปอย่างเปล่าประโยชน์ ถ้าบล็อกมีขนาดใหญ่ (ดูรูปที่ 2.9)



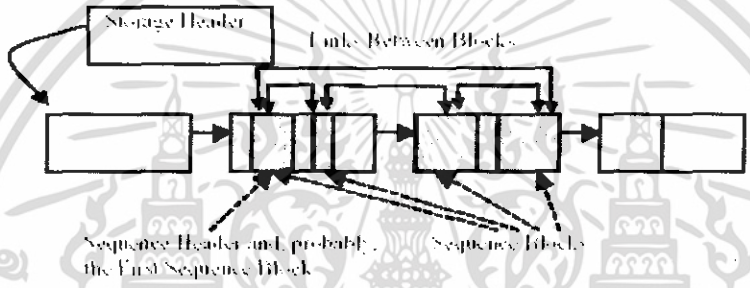
รูปที่ 2.9 การจัดระบบของตัวเก็บหน่วยความจำ

2.3.10.2 ลำดับ (Sequence)

ลำดับคืออาร์เรย์ที่ปรับขนาดได้ขององค์ประกอบประเภทแบบสุ่มซึ่งอยู่ในตัวเก็บหน่วยความจำลำดับนั้นจะเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง ลำดับข้อมูลสามารถจะอยู่ต่างบล็อกข้อมูลกัน ลำดับของบล็อกจะเชื่อมต่อกับดับเบิ้ลลิงค์ลิสต์แบบวงกลม เพื่อเก็บลำดับขนาดใหญ่ในหลายๆ บล็อกของหน่วยความจำ หรือเก็บลำดับขนาดเล็กหลายๆ บล็อกใน 1 บล็อกหน่วยความจำ ยกตัวอย่างเช่น การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดระบบเช่นนี้จะเหมาะกับการเก็บเส้นขอบ การทำลำดับจะมีการใช้ฟังก์ชันที่มีความเร็วในการทำมาใช้สำหรับเพิ่ม/ลบองค์ประกอบให้/จากส่วนหัวและส่วนท้ายของลำดับ ฟังก์ชันสำหรับการเพิ่ม/ลบ องค์ประกอบในส่วนกลางของลำดับนั้นก็สามารถทำได้แต่จะทำได้ช้ากว่า ลำดับเป็นสิ่งพื้นฐานสำหรับโครงสร้างข้อมูลแบบไดนามิคอื่นๆ เช่น เซต (set), กราฟ (graph) และเส้นขอบ (contour) ซึ่งเหมือนกับประเภทเหล่านี้ ลำดับจำไม่มีการคืนหน่วยความจำที่ถูกยึดครองแล้วให้กับตัวเก็บ อย่างไรก็ตาม ลำดับจะติดตามหน่วยความจำที่ถูกปล่อยกลับมาหลังจากองค์ประกอบได้ถูกลบออกจากลำดับแล้ว หน่วยความจำนี้จะถูกใช้ซ้ำ ในการคืนหน่วยความจำให้กับตัวเก็บ ผู้ใช้อาจจะลบทั้งตัวเก็บ หรือฟังก์ชันสร้างจุดในการจัดเก็บหรือฟังก์ชันสร้างจุดในการฟื้นฟู หรือเก็บข้อมูลชั่วคราวในตัวเก็บลูก



รูปที่ 2.10 โครงสร้างของลำดับ

2.3.10.3 การเขียนและการอ่านลำดับ

ถึงแม้ว่าฟังก์ชันและมาโคร (macro) ที่จะอธิบายต่อจากนี้จะไม่สัมพันธ์กับทฤษฎี เพราะฟังก์ชันอย่างเช่น SeqPush และ GetSeqElem อนุญาตให้ผู้ใช้เขียนลำดับและอ่านมันได้ ฟังก์ชันการเขียน/อ่าน และมาโครนั้นมีความสำคัญในทางปฏิบัติ เพราะความรวดเร็วของมัน

ปัญหาต่อไปนี้เป็นการให้ตัวอย่าง ถ้าเป้าหมายคือการสร้างฟังก์ชันซึ่งสามารถสร้างลำดับจากค่าที่ทำการสุ่มมา N ตัวได้ แบบแรก การใส่ค่า(PUSH) สามารถเขียนได้ดังนี้

```
CvSeq* create_seq1( CvStorage* storage, int N ) {
    CvSeq* seq = cvCreateSeq( 0, sizeof(*seq), sizeof(int), storage);
    for( int i = 0; i < N; i++ ) {
        int a = rand();
        cvSeqPush( seq, &a );
    }
    return seq;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 2 ใช้แบบแผนการเขียนที่รวดเร็ว ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ กำหนดค่าเริ่มต้นของขั้นตอนการเขียน(สร้างตัวที่ใช้เขียน), เขียน, ปิดตัวที่ใช้เขียน(flush)

```
CvSeq* create_seq1( CvStorage* storage, int N ) {
    CvSeqWriter writer;}
    cvStartWriteSeq( 0, sizeof(*seq), sizeof(int), storage, &writer );
    for( int i = 0; i < N; i++ ) {
        int a = rand();
        CV_WRITE_SEQ_ELEM( a, writer );
    }
    return cvEndWriteSeq( &writer );
}
```

ถ้า N = 100000 และ ใช้หน่วยประมวลผลกลางเป็น Pentium® III 500 MHz ในแบบแรกจะใช้เวลา 230 milliseconds และ แบบที่ 2 ใช้เวลา 111 milliseconds เพื่อให้งานเสร็จ โดยสมมติว่าตัวเก็บมีจำนวนบล็อกเพียงพอแล้ว ดังนั้นจึงไม่มีการสร้างบล็อกใหม่ การเปรียบเทียบอันใหม่กับลูปง่ายๆ ที่ไม่มีการใช้ลำดับในแนวคิดว่ามันมีประสิทธิผลและประสิทธิภาพมากแค่ไหน

```
int* create_seq3( int* buffer, int N ) {
    for( i = 0; i < N; i++ ) {
        buffer[i] = rand();
    }
    return buffer;
}
```

ฟังก์ชันนี้ใช้เวลา 104 มิลลิวินาที(Milliseconds) เพื่อให้งานเสร็จโดยใช้เครื่องๆ เดียวกันโดยทั่วไปแล้ว ลำดับจะไม่มีผลกระทบมากกับการทำงาน และความแตกต่างก็ไม่เป็นที่สำคัญ (น้อยกว่า 7% ในตัวอย่างข้างต้น) อย่างไรก็ตามข้อดีของลำดับคือ ผู้ใช้สามารถทำข้อมูลเข้าหรือข้อมูลออกได้ถึงแม้ว่าจะไม่ทราบจำนวนรวมก่อน โครงสร้างนี้ทำให้ผู้ใช้สามารถจัดสรรหน่วยความจำได้ซ้ำๆ อีกปัญหาหนึ่งก็คือ การใช้ลิสต์ ซึ่งลำดับจะเร็วกว่าและใช้หน่วยความจำน้อยกว่า

2.3.10.4 เซต (Set)

โครงสร้างของเซตส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับลำดับ แต่จะมีจุดประสงค์ที่ต่างกันโดยสิ้นเชิง เช่น ผู้ใช้ไม่สามารถใช้ลำดับในการหาตำแหน่งองค์ประกอบของโครงสร้างไดนามิคที่มีการเชื่อมต่อระหว่างกันได้เพราะถ้ามีองค์ประกอบหนึ่งถูกลบออกไปจากส่วนกลางของลำดับ องค์ประกอบของลำดับตัวอื่นๆ จะถูกย้ายไปที่อื่นและที่อยู่ของมันก็จะเปลี่ยนไป ในกรณีนี้การเชื่อมโยงทั้งหมด

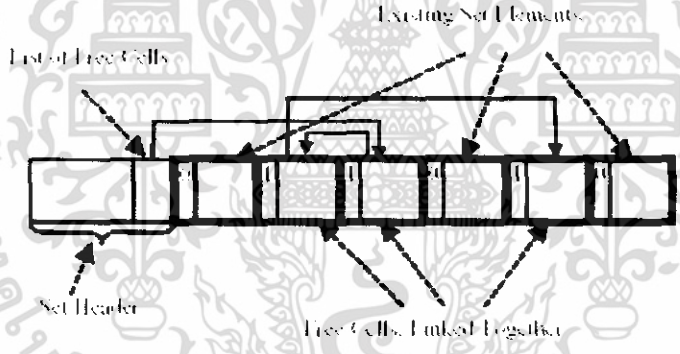
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องมีการซ่อมอีกครั้ง อีกลักษณะหนึ่งของปัญหานี้ก็คือ การลบองค์ประกอบจากส่วนกลางของลำดับนั้นทำได้ช้า ด้วยความซับซ้อน O(n) โดยที่ n คือจำนวนขององค์ประกอบในลำดับ

การแก้ปัญหาปรากฏอยู่ในรูปของการสร้างโครงสร้างหลวมๆ (structure sparse) และโครงสร้างแบบไม่เรียงลำดับ (unordered) หมายความว่า เมื่อองค์ประกอบได้ถูกลบออกไปองค์-ประกอบอื่นๆต้องอยู่ในที่มันเคยอยู่ในขณะที่เซลล์ (cell) ก่อนหน้านี้ที่ถูกยึดครองโดยองค์ประกอบนั้นถูกเพิ่มเข้าไปในพูล (pool) ของ 3 เซลล์ เมื่อมีการเพิ่มองค์ประกอบตัวใหม่เข้ามาในโครงสร้าง เซลล์ที่ยังว่างอยู่จะใช้ในการเก็บองค์ประกอบนี้ เซตจะมีการทำงานตามแบบนี้

เซตนั้นจะคล้ายกับลิสต์แต่ยังไม่มีการเชื่อมโยงกันระหว่างองค์ประกอบของโครงสร้าง อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้เป็นอิสระในการสร้างและเก็บลิสต์เหล่านี้ ถ้าต้องการเซตนั้นจะถูกทำให้เหมือนเป็นส่วนหนึ่งของลำดับ เซตใช้องค์ประกอบของลำดับเหมือนกับเป็นเซลล์และจัดระบบลิสต์ของเซลล์ที่เป็นอิสระ

จากรูปที่ 2.11 สำหรับตัวอย่างของเซต เพื่อความง่ายในการเข้าใจ รูปจะไม่แสดงการแบ่งลำดับ/เซต ออกเป็นบล็อกของหน่วยความจำ และบล็อกของลำดับ



รูปที่ 2.11 โครงสร้างของเซต

องค์ประกอบของเซตจะทั้งปรากฏอยู่และเป็นอิสระ และเป็นองค์ประกอบของลำดับ บิตพิเศษจะบ่งชี้ว่าองค์ประกอบของเซตนั้นมีอยู่หรือไม่ ในแผนภาพด้านบนบิตที่เป็น 1 คือเป็นอิสระ และที่เป็น 0 คือถูกยึดครองแล้ว มาโคร CV_IS_SET_ELEM_EXISTS(set_elem_ptr) ใช้บิตพิเศษนี้เพื่อคืนค่าที่ไม่ใช่ 0 ถ้าองค์ประกอบเซตระบุโดยพารามิเตอร์ set_elem_ptr เป็นของเซต และ คืนค่า 0 ถ้าเป็นในกรณีอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 2-3 นิยามโครงสร้างของ CvSet

```
#define CV_SET_FIELDS() \
CV_SEQUENCE_FIELDS() \
CvMemBlock* free_elems;
typedef struct CvSet{
    CV_SET_FIELDS()
}CvSet;
```

พูดง่ายๆ ก็คือ เซตเท่ากับลำดับบวกกับลิสต์ของเซลล์ที่เป็นอิสระ

วิธีการในการทำงานเกี่ยวกับเซตมี 2 อย่างคือ

1) ใช้ดัชนีสำหรับการอ้างถึงองค์ประกอบของเซตภายในลำดับ
2) ใช้พอยท์เตอร์สำหรับจุดประสงค์เดียวกัน

ถึงแม้ว่าวิธีการแบบพอยท์เตอร์จะเร็วกว่าเพราะมันไม่ต้องมีการหาองค์ประกอบเซตด้วยดัชนีของมัน ซึ่งทำในวิธีเดียวกับลำดับทั่วไป แต่ว่าในบางครั้งวิธีการแรกจะเป็นทางเลือกที่ดีกว่า การตัดสินใจว่าจะใช้วิธีไหนในกรณีต่างๆ นั้นขึ้นอยู่กับเหตุผลต่างๆ ดังนี้

1. ประเภทของการทำงานที่จะทำกับเซต
2. วิธีการทำงานของเซตที่ควรทำ

วิธีการที่เซตถูกสร้างและองค์ประกอบใหม่เพิ่มขึ้นในเซตที่มีอยู่นั้นเหมือนกันไม่ว่าจะใช้วิธีไหน ข้อแตกต่างอย่างเดียวก็คือ วิธีการที่องค์ประกอบถูกลบออกไปจากเซต ผู้ใช้สามารถใช้ทั้ง 2 วิธีในการเข้าถึงพร้อมๆ กันก็ได้ ถ้าผู้ใช้มีหน่วยความจำเพียงพอสำหรับเก็บทั้งดัชนีและพอยท์เตอร์

ผู้ใช้อาจสร้างเซตด้วยองค์ประกอบของประเภทแบบสุ่มและระบุขนาดเป็นเท่าใดก็ได้ให้กับส่วนหัวเช่นเดียวกับลำดับ ภายใต้การควบคุมดังนี้

1. ขนาดของส่วนหัว ไม่สามารถน้อยกว่า sizeof(CvSet)
2. ขนาดองค์ประกอบของเซตควรที่จะสามารถแบ่งเป็น 4 ส่วนได้แล้วไม่เล็กกว่า 8 ไบท์

เหตุผลของการควบคุมอย่างหลังคือการจัดระบบเซตภายใน ถ้าเซตมีเซลล์ที่เป็นอิสระอยู่ในส่วน 4 ไบท์แรกขององค์ประกอบเซตนี้จะใช้เป็นพอยท์เตอร์ชี้ไปยังเซลล์ที่เป็นอิสระตัวต่อไป ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถติดตามเซลล์ที่เป็นอิสระได้ทั้งหมด ในส่วน 4 ไบท์ถัดมาจะเก็บเซลล์ที่จะส่งคืนเมื่อเซลล์ถูกยึดครอง

เมื่อผู้ใช้ลบองค์ประกอบของเซตออกในขณะที่ทำอยู่ในส่วนของดัชนี ดัชนีขององค์ประกอบที่ถูกลบจะถูกส่งและเก็บในเซลล์ที่ถูกปล่อยอีกครั้ง บิตทำการระบุเมื่อองค์ประกอบที่เป็นของเซตนั้นสำคัญน้อยสุดของ 4 ไบท์แรก นี่เป็นเหตุผลว่าทำไมองค์ประกอบทั้งหมดต้องมีขนาดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มันที่หารด้วย 4 ลงตัว ในกรณีนี้มันจะเรียงตัวแบบมีขอบเขตเท่ากับ 4 ไบท์ ดังนั้นบิตที่สำคัญน้อยสุดต้องมีค่าเป็น 0 เสมอ

ในเซตที่เป็นอิสระบิตที่เหมือนกันจะถูกเซตเป็น 1 และในกรณีที่ต้องการที่อยู่จริงของเซลล์ที่เป็นอิสระอันต่อไปฟังก์ชันจะซ่อนบิตนี้ ในทางกลับกันถ้าเซลล์ถูกยึดครองอยู่บิตที่เหมือนกันจะเท่ากับ 0 ซึ่งเป็นข้อบังคับข้อที่ 2 และข้อสุดท้าย บิตที่สำคัญน้อยสุดในส่วนของ 4 ไบท์แรกขององค์ประกอบเซตต้องเป็น 0 ไม่เช่นนั้นเซลล์ที่เหมือนกันจะถือว่าเป็นอิสระ ถ้าองค์ประกอบของเซตเป็นตามข้อบังคับนี้ เช่น ถ้าส่วนแรกขององค์ประกอบเซตนั้นชี้ไปที่อีกองค์ประกอบเซตหนึ่ง หรือไปที่โครงสร้างการเรียงตัวอื่นๆ นอกเซต แล้วข้อบังคับที่เหลือคือ การห้ามมีค่าเป็น 0 ของส่วนของ 4-หรือ8-ไบท์ หลังส่วนที่เป็นพอยท์เตอร์ ถ้าองค์ประกอบเซตไม่เป็นไปตามข้อบังคับนี้ เช่น ถ้าผู้ใช้ต้องการเก็บจำนวนเต็มในเซต ผู้ใช้อาจสร้างโครงสร้างขึ้นเองจาก CvSetElem หรือ เพิ่มมันในโครงสร้างของผู้ใช้ให้เป็นส่วนแรก

ตัวอย่างที่ 2-4 นิยามโครงสร้างของ CvSetElem

```
#define CV_SET_ELEM_FIELDS() \
int* aligned_ptr;
typedef struct _CvSetElem{
    CV_SET_ELEM_FIELDS()
}CvSetElem;
```

ในส่วนแรกคือส่วนจำลองและไม่ถูกใช้ในเซลล์ที่ถูกยึดแล้ว ยกเว้นเมื่อบิตที่สำคัญน้อยสุด ซึ่งมีค่าเป็น 0 โดยโครงสร้างนี้องค์ประกอบที่เป็นจำนวนเต็มจะกำหนดได้จาก

```
typedef struct _IntSetElem{
    CV_SET_ELEM_FIELDS()
    int value;
}IntSetElem;
```

2.3.10.5 กราฟ (Graph)

โครงสร้างเซตที่อธิบายด้านบนนั้นมาช่วยในการสร้างกราฟซึ่งประกอบไปด้วยจุดและเส้นขอบซึ่งสามารถอ้างอิงถึงกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 2-5 นิยามโครงสร้างของ CvGraph

```
#define CV_GRAPH_FIELDS() \
CV_SET_FIELDS() \
CvSet* edges;
typedef struct _CvGraph{
    CV_GRAPH_FIELDS()
}
CvGraph;
```

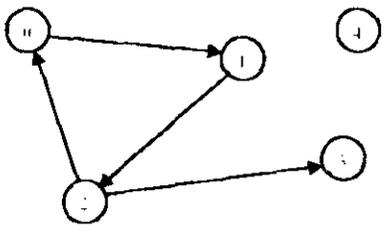
ในเทคโนโลยีเชิงวัตถุนั้น โครงสร้างของกราฟได้มาจากเซตของจุดและเซตของเส้นขอบ นอกจากนี้ ประเภทข้อมูลพิเศษจะปรากฏสำหรับจุดบนกราฟ และเส้นขอบบนกราฟ

ตัวอย่างที่ 2-6 นิยามโครงสร้างของ CvGraphEdge และ CvGraphVtx

```
#define CV_GRAPH_EDGE_FIELDS() \
struct _CvGraphEdge* next[2]; \
struct _CvGraphVertex* vtx[2];
#define CV_GRAPH_VERTEX_FIELDS() \
struct _CvGraphEdge* first;
typedef struct _CvGraphEdge{
    CV_GRAPH_EDGE_FIELDS()
}CvGraphEdge;
typedef struct _CvGraphVertex{
    CV_GRAPH_VERTEX_FIELDS()
}CvGraphVtx;
```

จุดบนกราฟมีส่วนที่กำหนดก่อนเพียงหนึ่งส่วนเท่านั้น ที่สมมติค่าเป็น 1 เมื่อชี้ไปที่เส้นขอบแรกเป็นผลมากจากจุดแรก หรือเป็น 0 ถ้าจุดนั้นแยกออกมา เส้นขอบที่มาจากจุดเพิ่มการเชื่อมต่อที่ไม่เป็นวงกลม โครงสร้างของเส้นขอบนั้นซับซ้อนกว่า vtx[0] และ vtx[1] เป็นจุดเริ่มต้นและจุดปลายของเส้นขอบ next[0] และ next[1] เป็นเส้นขอบถัดมาที่อยู่ในลิสต์ของจุดที่เป็นไปได้สำหรับ vtx[0] และ vtx[1] ตามลำดับ หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ แต่ละเส้นขอบจะอยู่ใน 2 ลิสต์เมื่อมีเส้นขอบ ที่เป็นไปได้สำหรับจุดเริ่มและจุดปลาย เช่น พิจารณากราฟด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

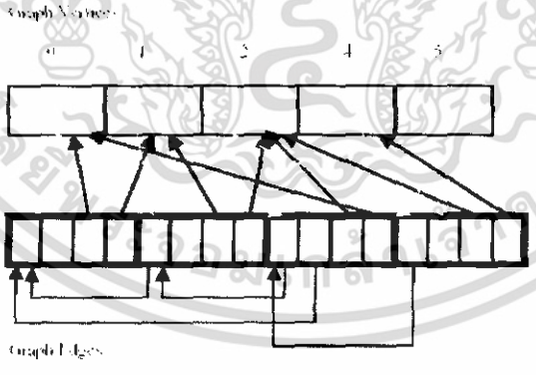


รูปที่ 2.12 กราฟตัวอย่าง

โครงสร้างสามารถสร้างจากโค๊ดดังนี้

```
CvGraph* graph = cvCreateGraph( CV_SEQ_KIND_GRAPH |
CV_GRAPH_FLAG_ORIENTED,sizeof(CvGraph),
sizeof(CvGraphVtx)+4, sizeof(CvGraphEdge), storage);
for( i = 0; i < 5; i++ ){
        cvGraphAddVtx( graph, 0, 0 );/* arguments like in cvSetAdd*/
}
cvGraphAddEdge( graph, 0, 1, 0, 0 );
cvGraphAddEdge( graph, 1, 2, 0, 0 );
cvGraphAddEdge( graph, 2, 0, 0, 0 );
cvGraphAddEdge( graph, 2, 3, 0, 0 );
```

โครงสร้างภายในจะเป็นดังรูป



รูปที่ 2.13 โครงสร้างภายในสำหรับกราฟตัวอย่างในรูปที่ 2.12

กราฟแบบไม่มีทิศทางสามารถอธิบายโดยโครงสร้าง CvGraph ถ้าเส้นขอบไม่มีทิศทางเข้าแทนที่เส้นขอบที่มีทิศทางโครงสร้างภายในยังคงเหมือนเดิม อย่างไรก็ตามฟังก์ชันที่ใช้ในการหาเส้นขอบจะสำเร็จเฉพาะเมื่อมันสามารถหาเส้นขอบจาก 3 ถึง 2 ในฟังก์ชันไม่ได้หาเฉพาะจาก 3 ถึง 2 แต่หาจาก 2 ถึง 3 ด้วย ซึ่งเส้นนั้นก็แสดงด้วยเช่นกัน จากโค๊ดประเภทของกราฟถูกระบุเมื่อเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟถูกสร้างขึ้น และผู้ใช้สามารถเปลี่ยนพฤติกรรมฟังก์ชันการหาเส้นขอบโดยระบุหรือละทิ้งแฟล็ก(flag) CV_GRAPH_FLAG_ORIENTED เส้นขอบ 2 เส้นเชื่อมต่อกับจุดเดียวกันในกราฟแบบไม่มีทิศทางอาจไม่มีทางเกิดขึ้น เพราะ การมีอยู่ของเส้นขอบระหว่าง 2 จุดถูกตรวจสอบก่อนที่เส้นขอบใหม่จะเพิ่มเข้ามาระหว่างมัน อย่างไรก็ตามภายในเส้นขอบสามารถเขียนโค๊ดจากจุดแรกถึงจุดที่ 2 อย่างเช่นในเซต ผู้ใช้อาจทำกับดัชนีหรือพอยท์เตอร์ก็ได้ การสร้างกราฟใช้เพียงพอยท์เตอร์เพื่ออ้างถึงเส้นขอบ แต่ผู้ใช้สามารถเลือกดัชนีหรือพอยท์เตอร์เพื่ออ้างถึงจุดก็ได้

2.3.11 การดำเนินการของเมทริกซ์

นอกจากการสนับสนุน IplImage แล้วโอเพ่นซีวียังมีประเภทข้อมูลพิเศษ CvMat ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลแบบที่ซับซ้อนได้

ตัวอย่างที่ 2-7 นิยามโครงสร้างของ CvMat

```
typedef struct CvMat {
    int type; /* the type of matrix elements */
    union{
        int rows; /* number of rows in the matrix */
        int height; /* synonym for <rows> */
    };
    union{
        int cols; /* number of columns */
        int width; /* synonym for <cols> */
    };
    int step; /* matrix stride */
    union{
        float* fl;
        double* db;
        uchar* ptr;
    } data; /* pointer to matrix data */
};
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมาชิกตัวแรกของโครงสร้าง ไทป์(type) ประกอบไปด้วยส่วนของบิตมากมาย

- บิตที่ 0...3 : ประเภทขององค์ประกอบของเมทริกซ์ (dept) ค่าที่เป็นไปได้คือ

  CV_8U = 0 8-บิต ไม่มีเครื่องหมาย (unsigned char)

  CV_8S = 1 8-บิต มีเครื่องหมาย (signed char)

  CV_16S = 2 16-บิต มีเครื่องหมาย (short)

  CV_32S = 3 32-บิต มีเครื่องหมาย (short)

  CV_32F = 4 32-บิต จำนวนจริงด้วยเลขทศนิยมแบบความละเอียดปกติ (float)

  CV_64F = 5 64-บิต จำนวนจริงด้วยเลขทศนิยมแบบความละเอียด 2 เท่า (double)

- บิตที่ 4...5 : จำนวนช่องสีลบหนึ่ง คือ

  0 - 1 ช่องสี

  1 - 2 ช่องสี

  2 - 3 ช่องสี

  3 - 4 ช่องสี

- บิตที่ 6...15 : สำหรับโครงสร้างภายใน
- บิตที่ 16...31 : เท่ากับ 4224 ฐานหก เสมอ

ค่าคงที่ CV_<dept>C<number_of_channels> นั้นระบุเพื่ออธิบายถึงการรวมกันที่เป็นไปได้ของความลึกของเมทริกซ์และจำนวนช่องสี เช่น

CV_8UC1 – ข้อมูล 1 ช่องสี, 8-บิต, แบบไม่มีเครื่องหมาย; ใช้สำหรับภาพสีเทา (grayscale) หรือภาพไบนารี (binary)

...

CV_8SC1 – ข้อมูล 1 ช่องสี, 8-บิต, แบบมีเครื่องหมาย

...

CV_64FC2 – จำนวนเชิงซ้อนด้วยเลขทศนิยมแบบความละเอียด 2 เท่า

...

CV_8UC3 – ข้อมูล 3 ช่องสี, 8-บิต, แบบไม่มีเครื่องหมาย; ใช้สำหรับภาพสี

...

CV_64FC4 – 4 เท่าของจำนวนจริงด้วยเลขทศนิยมแบบความละเอียด 2 เท่า

ข้อมูลหลายช่องสีจะถูกเก็บอยู่ในรูปแบบลำดับผสม คือ องค์ประกอบเดียวกันแต่ต่างช่องสีกันจะเก็บต่อเนื่องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CvMat โดยหลักแล้วจะถือว่าเป็นเมทริกซ์ มันสามารถเก็บข้อมูลที่เป็นประเภททั่วไปของ IplImage ได้ ซึ่งสนับสนุนการทำงานเกี่ยวกับเมทริกซ์และภาพ นั่นก็คือ

- เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ และ ตรรกศาสตร์
- การคูณเมทริกซ์
- ดอทโพรดัก(Dot Product) และ ครอสโพรดัก (Cross Product)
- การเปลี่ยนแปลงมุมมองของภาพ (Perspective transform)
- ระยะห่างมาฮาโลโนบิส (Mahalonobis distance)
- SVC
- การแก้ปัญหาแบบไอเก้น (Eigen value ploblem solution) ฯลฯ

ในขณะที่การทำงานบางอย่างทำได้เฉพาะกับอาร์เรย์เท่านั้น ซึ่งก็คือ ภาพและเมทริกซ์ การทำงานบางอย่างจะมีข้อมูลเข้า/ออกเป็นทั้งอาร์เรย์และสเกลาร์

ตัวอย่างที่ 2-8 นิยามของ CvScalar

```
typedef struct CvScalar
{
double val[4];
}CvScalar;
```

ฟังก์ชัน cvScalar, cvScalarAll, cvRealScalar สามารถนำมาใช้เพื่อสร้างโครงสร้างจากส่วนประกอบของสเกลาร์ได้

การทำงานที่ทำกับอาร์เรย์และสเกลาร์จะมีตัวอักษร S ต่อท้ายชื่อการทำงาน เช่น cvADDS เป็นคำสั่งบวกสเกลาร์เข้ากับองค์ประกอบของอาร์เรย์

2.3.11.1 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนระหว่าง IplImage และ CvMat

ฟังก์ชันของ OpenCV ส่วนใหญ่ที่ทำงานบนอาร์เรย์ ยอมรับพอยท์เตอร์ทั้งสำหรับ IplImage และ CvMat ในทุกๆ การรูปแบบการรวมกัน มันจะทำผ่านประเภทจำลอง CvArr ซึ่งมีนิยามดังนี้

ตัวอย่างที่ 2-8 นิยามของ CvScalar

```
typedef void CvArr;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันจะพิจารณาจำนวนเต็มในฟิลด์แรกในตอนต้นของโครงสร้างที่ผ่านมาและจำแนกความแตกต่างระหว่าง IplImage ในฟิลด์แรกที่มีขนาดเท่ากับโครงสร้าง IplImage กับ CvMat ในฟิลด์แรกที่เป็น 0x4224xxxx

2.3.12 การวาดแบบพื้นฐาน

การติดตามหรือการจดจำภาพนั้นจำเป็นที่จะต้องแสดงให้เห็นผลของการทำงานกับภาพนั้นๆ อย่างไรก็ตามข้อเท็จจริงที่ว่า ระบบปฏิบัติการ(OS) ส่วนใหญ่มีความสามารถทางด้านกราฟิกที่สูง มันจะต้องการภาพที่จะต้องวาด มาสร้างโดยฟังก์ชันพิเศษ เช่น ภายใต้ Win32 นั้นกราฟิกคอนเท็กซ์ (graphic context) DC ต้องถูกสร้างในกรณีที่จะใช้ฟังก์ชันการวาดภาพ GDI ด้วยเหตุนี้ฟังก์ชันพื้นฐานบางอย่างสำหรับเวกเตอร์ 2 มิติของการเรนเดอร์กราฟิกจะถูกสร้าง มันจะไม่ขึ้นอยู่กับเครื่อง (platform) และทำงานกับโครงสร้าง IplImage มีการสนับสนุนประเภทของภาพที่รวมไปถึง ภาพไบท์-เดพท์ (byte-dept) ด้วย dept = IPL_DEPT_8U หรือ dept = IPL_DEPT_8S ภาพจะสามารถเป็นได้ทั้ง

- 1 ช่องสี คือ ภาพสีเทา หรือ
- 3 ช่องสี คือ RGB หรือ BGR ถ้าช่องสีสีฟ้ามาก่อน

ข้อสังเกตขั้นต้นสำหรับแต่ละฟังก์ชันการวาดภาพ

- ทุกฟังก์ชันใช้พารามิเตอร์ color เป็นความสว่างสำหรับภาพสีเทา และค่า RGB สำหรับภาพสี ในภาพสีนั้นค่าในฟังก์ชันจะได้มาจากมาโคร CV_RGB
- ฟังก์ชันใดที่ใช้จุด (CvPoint สร้างขึ้นมา) เป็นพารามิเตอร์ข้อมูลเข้า พิกัดของจุดจะนับจากตำแหน่งมุม ROI บน-ซ้าย สำหรับตำแหน่งเริ่มต้นด้านบนของภาพ และจากตำแหน่งมุม ROI ล่าง-ซ้าย สำหรับตำแหน่งเริ่มต้นด้านล่างของภาพ
- ทุกฟังก์ชันจะแบ่งออกเป็น 2 คลาส คือ มีและไม่มีแอนทิเอเลียสซิง (antialiasing) บางฟังก์ชันจะมีแอนทิเอเลียสซิง ที่จบท้ายด้วย AA ตำแหน่งพิกัดโดยฟังก์ชัน AA สามารถกำหนดโดยความแม่นยำแบบพิกเซลย่อย นั่นคือ มันสามารถมีบิตที่ใช้งานได้ ซึ่งค่าจะมาจากพารามิเตอร์ scale เช่น ถ้าฟังก์ชัน cvCircleAA นั้นทำผ่าน center = cvPoint(34,18) และ scale = 2 ดังนั้นตำแหน่งจุดศูนย์กลางที่แท้จริงคือ (34/4, 19/4) == (16.5, 4.75)

ฟังก์ชันพื้นฐาน (นั่นคือแบบไม่เป็นแอนทิเอเลียสซิง) มีพารามิเตอร์ thickness ที่กำหนดความหนาของเส้น สำหรับบางฟังก์ชันพารามิเตอร์สามารถเป็นค่าติดลบได้ ทำให้ฟังก์ชันวาดภาพแบบถมเต็ม ไม่ใช่แบบวาดเฉพาะเส้นขอบ เพื่อให้โค๊ดอ่านได้ง่ายขึ้นอาจใช้ค่าคงที่ CV_FILLED = -1 ให้เป็นค่า thickness สำหรับวาดภาพที่ถมเต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาแอพพลิเคชั่น

3.1 การออกแบบแอพพลิเคชั่น

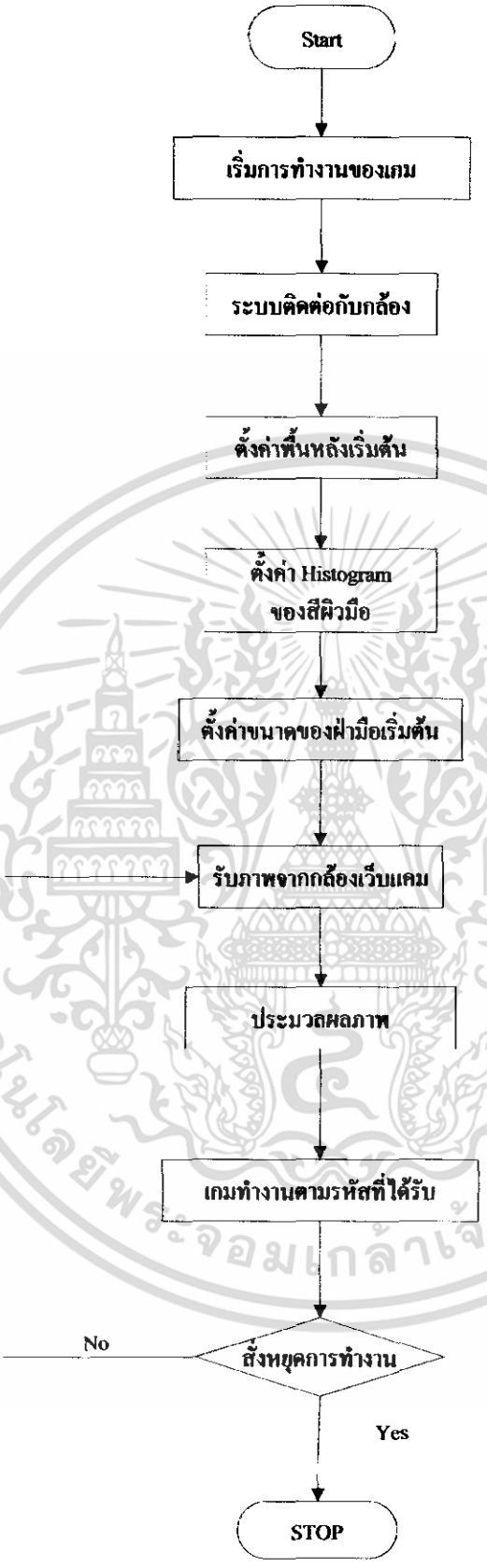
แอพพลิเคชั่นที่พัฒนาขึ้นมาในโครงงานจะสามารถแสดงการทำงานได้เป็นแผนภาพการทำงานดังรูปที่ 3.1 ซึ่งขอบเขตการทำงานของแอพพลิเคชั่นจะประกอบด้วยแอพพลิเคชั่นย่อยสองแอพพลิเคชั่นเข้ามารวมกัน โดยแต่ละแอพพลิเคชั่นย่อยจะแบ่งการทำงานออกเป็นสัดส่วนควบคุมการทำงานในส่วนที่ต่างกัน โดยบทนี้จะอธิบายการทำงานในแอพพลิเคชั่นหลักดังรูปในแผนภาพการทำงาน

รูปที่ 3.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ

3.1.1 แผนภาพการทำงานของโปรแกรม

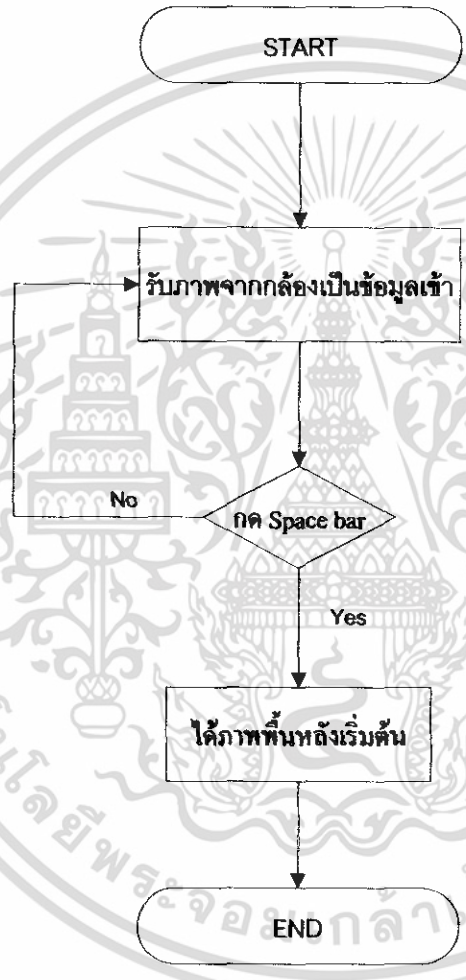
เมื่อเริ่มการทำงานของแอพพลิเคชั่นซึ่งเป็นการเริ่มในส่วนของเกมโดยแอพพลิเคชั่นเกมจะไปเรียกการทำงานในส่วนของกระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับรูปภาพ(image processing) ขึ้นมาเพื่อกำหนดค่ามือเริ่มต้นที่จะใช้ในการโต้ตอบกับส่วนของเกมแอพพลิเคชั่น โดยเมื่อเรียกในส่วนของอิมเมจโพรเซสซิ่งขึ้นมา แอพพลิเคชั่นจะทำการสั่งให้จับภาพของพื้นหลังเพื่อใช้ในการคำนวณหาส่วนของมือในลำดับแรก และลำดับที่สองแอพพลิเคชั่นจะทำการสั่งให้จับภาพของมือผู้เล่นเพื่อกำหนดความถี่สี (Histogram) ของมือผู้เล่นสำหรับเปรียบเทียบสีเพื่อการค้นหาส่วนของมือเมื่อภาพจากกล้องถูกส่งเข้ามาในโปรแกรม เมื่อกำหนดส่วนของภาพพื้นหลังและความถี่ของสีมือสำเร็จ โปรแกรมจะสั่งให้ผู้เล่นชูห้านิ้วเพื่อเริ่มการทำงานโดยการชูห้านิ้วนี้จะเป็นการกำหนดขนาดฝ่ามือเริ่มต้นของผู้เล่นด้วย เมื่อเข้าสู่การทำงานของแอพพลิเคชั่น แอพพลิเคชั่นในส่วนที่เป็นเกมจะเป็นลูปใหญ่ที่ใช้วนรอรับคำสั่งจากแอพพลิเคชั่นในส่วนที่เป็นการประมวลผลภาพ โดยเมื่อมือแสดงคำสั่งต่างๆ เข้ามาส่วนของการประมวลผลภาพที่จะทำการตีความหมายมือที่ได้รับแล้วส่งกลับไปยังลูปของแอพพลิเคชั่นเกมที่ทำการวนรอบตลอดเวลา โปรแกรมจะทำงานไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถูกสั่งให้ปิดการทำงานจากปุ่มมุมซ้ายบนในหน้าต่างแอพพลิเคชั่นหรือปุ่ม “ESC” บนแป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



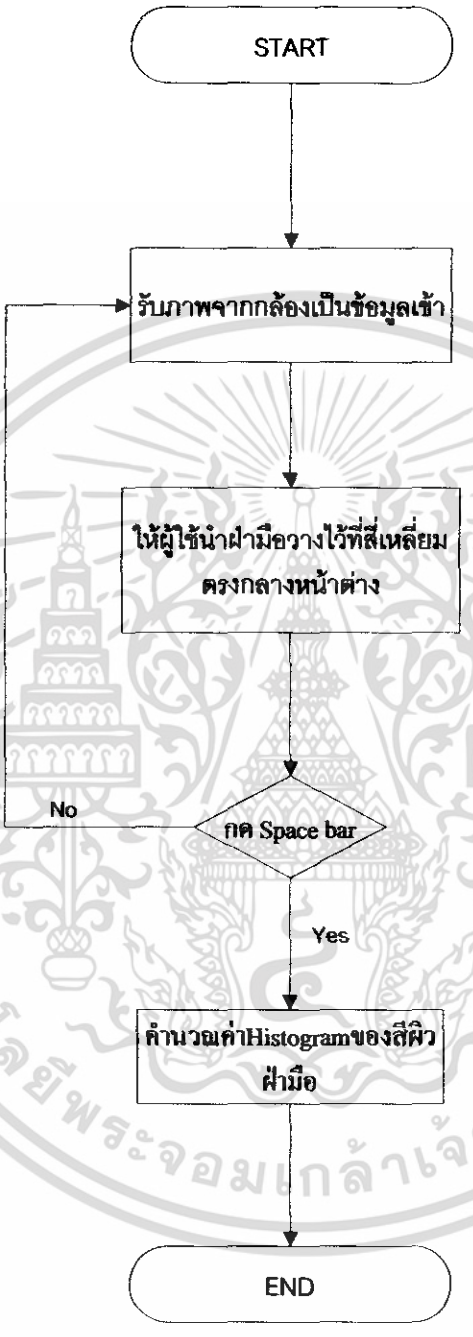
รูปที่ 3.2 แผนภาพการทำงานโดยรวมของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



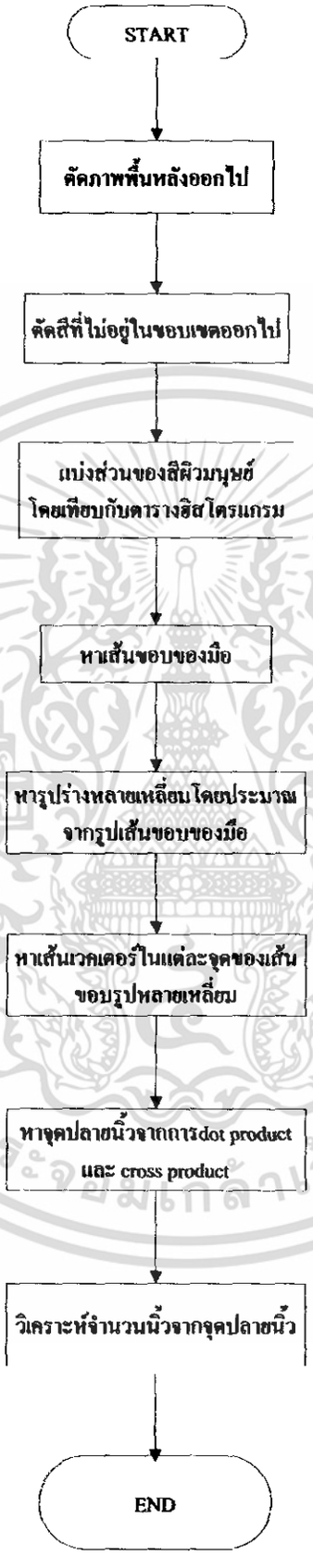
รูปที่ 3.3 แผนภาพการตั้งค่าพื้นหลังเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แผนภาพการตั้งค่าฮิสโตแกรมของสีผิวมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

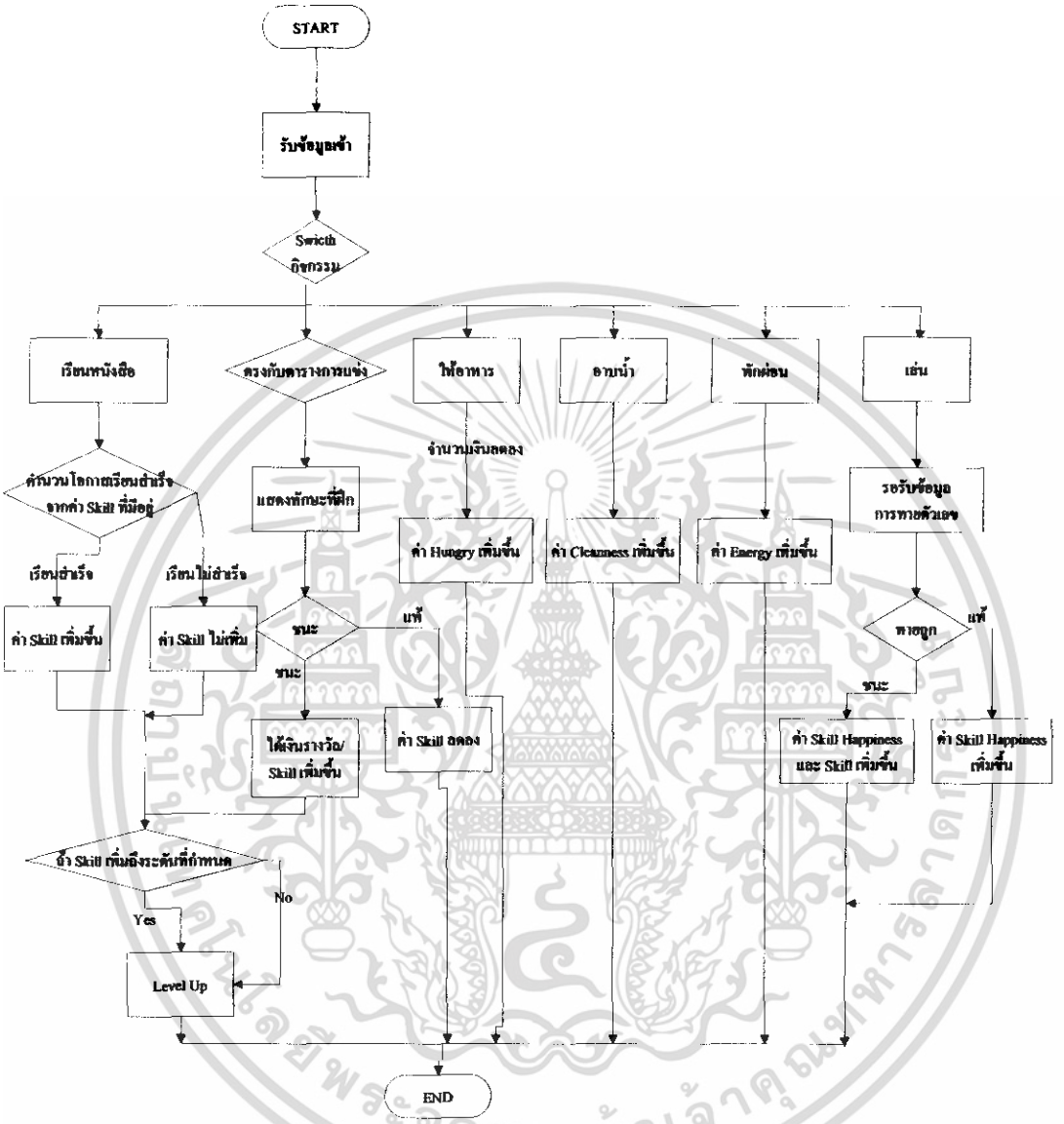


รูปที่ 3.5 แผนภาพการตัดภาพพื้นหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 แผนภาพการแปลความหมายของมือที่รับเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แผนภาพแสดงการทำงานของเกม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การพัฒนาแอพพลิเคชั่น

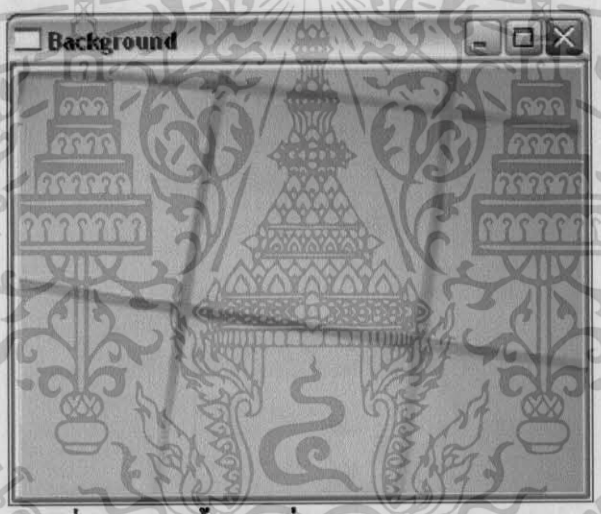
3.2.1 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับกล้องที่ใช้ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์

ทางโอเพ่นซีวีไลบารี่ได้จัดเตรียมฟังก์ชั่นสำหรับการเชื่อมต่อกล้องสำหรับคอมพิวเตอร์เอาไว้โดยสามารถใช้ฟังก์ชั่นติดต่อกับพอร์ตของกล้อง โดยสั่งให้กล้องวนรอบรับภาพตลอดเวลา

3.2.2 ขั้นตอนการรับรูปภาพ การกำหนดภาพพื้นหลังและการกำหนดความถี่สี (Histogram)

เมื่อสามารถเชื่อมต่อกับกล้องได้แล้วโปรแกรมจะทำการเก็บภาพไว้ในตัวแปรที่ประกาศโดยตัวแปรนั้นต้องเป็น IPL (การเก็บภาพในรูปแบบของตัวเลขที่ทางบริษัทอินเทลเป็นผู้กำหนด) โดยภาพที่รับเข้ามาจะเป็นการรับภาพในเวลาจริง (real time)

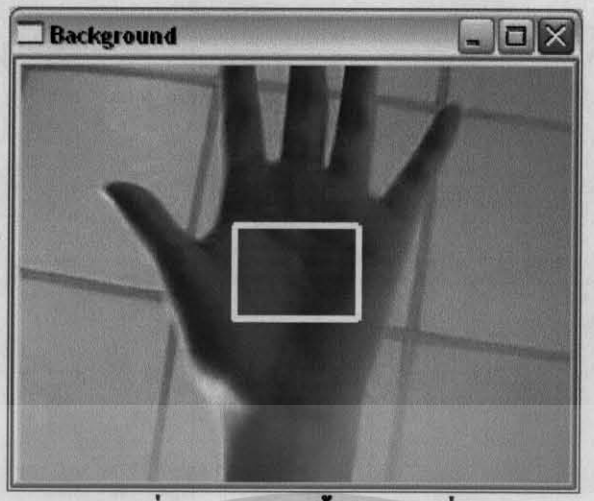
การตั้งภาพพื้นหลังสำหรับแอพพลิเคชั่นนี้จะผู้พัฒนาออกแบบให้ใช้ปุ่ม “space bar” ในการกำหนดภาพพื้นหลังเริ่มต้น โดยเมื่อผู้ใช้กดปุ่มโปรแกรมจะทำการเก็บเฟรมที่บันทึกไว้ในตัวแปรที่กำหนดไว้



รูปที่ 3.8 ภาพพื้นหลังที่ถูกกำหนดโดยโปรแกรม

การกำหนดค่าความถี่สีเริ่มต้นของมือ บันทึกไว้เพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบสีของมือเมื่อภาพเข้ามาในกล้องโดยค่าสีของมือเริ่มต้นจำเป็นจะต้องอยู่ภายในกรอบสีขาวเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ภาพการตั้งค่าความถี่สี

3.2.3 ขั้นตอนการลบภาพพื้นหลัง

เมื่อผ่านขั้นตอนข้างต้น โปรแกรมจะทำการรับภาพเข้ามาเรื่อยๆผ่านทางกล้องที่ใช้ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งในแอพพลิเคชั่นนี้จะใช้ตัวแปร IPL_B ในการเก็บภาพที่รับเข้ามาและตัวแปร IPL_C รับภาพต่อจากตัวแปร IPL_B เพื่อนำภาพมาใช้ในการคำนวณ การใช้ตัวแปรสองตัวเพื่อการรับภาพและการนำภาพมาคำนวณเพื่อลดความล่าช้าของการทำงานในเวลาจริงให้น้อยที่สุด

IPL_{BG} = ตัวแปรที่ใช้เก็บภาพพื้นหลัง

IPL_B = ตัวแปรใช้สำหรับการเก็บภาพที่รับจากกล้องในเวลาจริง

IPL_C = ตัวแปรใช้เก็บภาพที่นำมาคำนวณ

สมการการลบภาพพื้นหลังเป็นดังนี้

$$IPL_C = \begin{cases} 0 & \text{ถ้า } IPL_C - IPL_{BG} <= \text{ช่วงที่กำหนด} \\ \text{ค่าเดิมของ} IPL_C & \text{ถ้า } IPL_C - IPL_{BG} > \text{ช่วงที่กำหนด} \end{cases}$$

การลบกันด้วยภาพไอพีแอลนั้นเป็นการลบกันในระดับของพิกเซลและในระดับช่องสี(โดย 1 พิกเซลของ1ภาพจะถูกแยกออกเป็น 3 ช่องคือ แดง เขียว น้ำเงิน) โดยการนำพิกเซลในตำแหน่งเดียวกันมาทำการเปรียบเทียบกัน ถ้าพิกเซลของทั้งสองตำแหน่งนั้นเป็นค่าที่มีความใกล้เคียงกันไม่เกินขอบเขตที่กำหนดไว้ ค่าที่จะทำการเก็บในตำแหน่งพิกเซลก็คือ 0 และ ถ้าค่าที่นำมาเปรียบเทียบมีความต่างกันเกินขอบเขตที่กำหนด ค่าที่จะทำการเก็บในตำแหน่งพิกเซลก็คือ ค่าเดิมของพิกเซลนั้นใน IPL_C (ภาพที่นำมาเปรียบเทียบกับภาพพื้นหลัง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.10 แสดงภาพมือที่ทำการตัดพื้นหลัง

เมื่อทำการตัดส่วนของพื้นหลังออกไปแล้วภาพที่ออกมาจะมีจุดรบกวน (Noise) มากทำให้มีผลต่อการคำนวณผลในขั้นตอนการทำงานต่อไป จึงจำเป็นที่จะต้องลดจุดรบกวนต่างๆ ที่เกิดขึ้นโดยการใช้ทฤษฎีทางกระบวนการทำงานเกี่ยวกับรูปภาพชื่อว่า อีโรชั่น (Erosion) $A \ominus B = \{z|(B)_z \subset A\}$ และไดเลชั่น (Dilation) $A \oplus B = \{z|(B)_z \cap A \neq \varnothing\}$ ในการลดจุดรบกวน

เมื่อทำการลบภาพพื้นหลังแล้ว ในกรณีที่แสงมีการเปลี่ยนทำให้มีผลต่อการตัดภาพพื้นหลัง จึงนำฟังก์ชั่นของโอเพ่นซีวีไลบารี่มาช่วยในการเลือกพิกเซลที่ต้องการและไม่ต้องการ โดยการเลือกพิกเซลที่ต้องการและไม่ต้องการจะเลือกจากกการกำหนดขอบเขตของสีที่สนใจและตรวจสอบค่าในพิกเซล(ตรวจค่าเปลี่ยนแปลงเฉพาะสิ่งที่เข้ามาในกล้องโดยไม่เกี่ยวข้องกับภาพพื้นหลัง) โดยถ้าค่าของพิกเซลที่ทำการเปรียบเทียบอยู่ในช่วงของขอบเขตที่สนใจ ฟังก์ชั่นจะถือว่าพิกเซลนี้เป็นตำแหน่งที่ต้องการและทำการเปลี่ยนค่าในพิกเซลให้เป็น 1 (สีขาว) และถ้าค่าไม่อยู่ในช่วงของขอบเขตของสีที่กำหนดจะถือว่าพิกเซลในตำแหน่งนี้เป็นพิกเซลที่ไม่ต้องการและจะทำการเปลี่ยนค่าในพิกเซลให้เป็น 0 (สีดำ) ซึ่งหมายความว่าไม่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.11 แสดงภาพมือที่ทำการมาส์ค

3.2.4 ขั้นตอนการค้นหาส่วนของมือ

เมื่อผ่านขั้นตอนที่ 3 พื้นหลังจะถูกลบทิ้งไปแต่อาจจะมีวัตถุอื่นๆที่ไม่ใช่มือและพื้นหลัง เช่น แขนเสื้อของผู้ใช้ จึงจำเป็นต้องใช้ค่าความถี่สีที่เก็บในขั้นตอนที่ 2 เพื่อช่วยในการเปรียบเทียบสีเพื่อเลือกส่วนที่เป็นสีที่ต้องการในภาพ

รูปที่ 3.12ก แสดงภาพของมือที่ทำการตัดภาพพื้นหลัง

รูปที่ 3.12ข แสดงภาพของมือที่ใช้ค่าความถี่สีในการเลือก

การใช้ค่าความถี่สีจะใช้ฟังก์ชั่นค่าความถี่สี (Histogram) ทำการเลือกค่าของสีในระดับของพิกเซลโดยเทียบกับค่าความถี่สีที่กำหนดไว้

3.2.5 ขั้นตอนการค้นหาส่วนต่างๆ ของมือ

เมื่อผ่านขั้นตอนการใช้ค่าความถี่สีในการเลือกรูปแล้ว ค่าของสีในตำแหน่งของพิกเซลแต่ละตำแหน่งในภาพจะถูกปรับให้เป็น 0 ในกรณีที่พิกเซลนั้นเป็นตำแหน่งที่ไม่ต้องการ และเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิกเซลที่มีค่าสีในช่วงของค่าความถี่สีที่กำหนดในตำแหน่งที่ต้องการ จึงทำการสร้างฟังก์ชั่นการหาพิกเซลที่เป็นขอบของมือโดยการใช้ทฤษฎีการหาเส้นขอบของแคนนี่(Canny) ด้วยการใส่ตัวกรองเกาส์เซียน(Gaussian Filter)ให้กับภาพและค้นหาพิกเซลที่มีทิศทางการไล่ระดับของสีแล้วทำการหาอนุพันธ์อันดับที่1 จากนั้นจึงทำการเก็บตำแหน่งพิกเซลที่เป็นเส้นขอบมือไว้ในอาเรย์ (array) เพื่อใช้ในการคำนวณหาส่วนประกอบต่างๆ

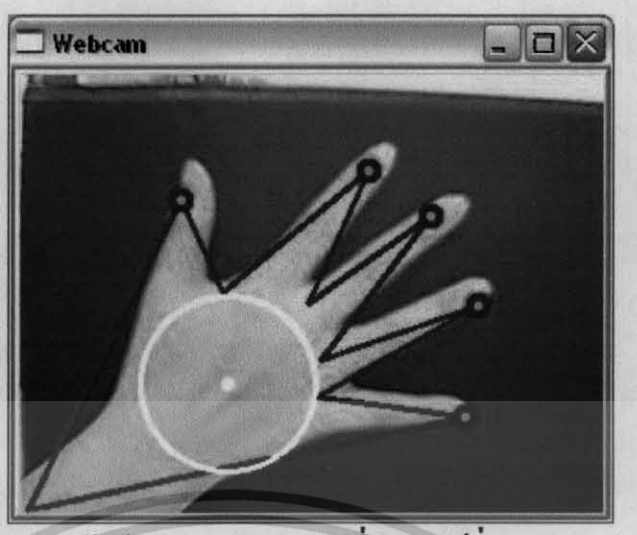
รูปที่ 3.13 แสดงส่วนต่างๆของมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

โดยพิกเซลที่เป็นขอบของมือจะถูกแสดงด้วยสีแดงดังรูปที่ 3.13 เมื่อได้ขอบของมือที่ต้องการแล้ว ทำการนำค่าพิกเซลเหล่านั้นมาค้นหาส่วนที่เป็นจุดปลายนิ้วโดยการใช้กระบวนการทางเวกเตอร์ คือการ ดอท(dot) และครอส(cross) เวกเตอร์

การหาส่วนปลายนิ้วกระทำได้โดย

1. นำจุดขอบทั้งหมดที่หาได้ไปใส่ฟังก์ชั่น cvAppoxPoly (ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของโอเพ่นซีวีที่ใช้ในการประมาณรูปร่างจากจุดที่เข้ามาและทำการประมาณรูปร่างให้เป็นโพลีกอนเพื่อให้เหลือจุดมุมน้อยที่สุด) เพื่อลดขั้นตอนในการทำงานจะได้ดังภาพที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 เส้นสีแดงแทนจุดพิกเซลที่ผ่านฟังก์ชั่น cvAppoxPoly

2. เมื่อผ่านขั้นตอนการทำ cvAppoxPoly จะได้พิกเซลที่เป็นมุมของโพลีกอนออกมานำตำแหน่งของพิกเซลที่ได้มาทำการครอสและดอทเวกเตอร์เพื่อหาส่วนที่เป็นจุดปลายนิ้วมือ

ขั้นตอนการคำนวณหาจุดปลายนิ้วมือ

2.1 นำค่าตำแหน่งพิกเซลลำดับแรกที่ถูกเก็บมาเป็นจุดเริ่มต้น

2.2 เลือกจุดพิกเซลที่เป็นมุมของโพลีกอนลำดับถัดมา

- D_A พิกเซลที่เป็นจุดมุมแรกในซีเควน
- D_B พิกเซลที่เป็นจุดมุมที่สองในซีเควน
- D_C พิกเซลที่เป็นจุดมุมที่สามในซีเควน

2.3 สร้างเวกเตอร์เพื่อใช้ในการคำนวณจุด

$\vec{V}_{AB}$ จากจุด D_A และจุด D_B

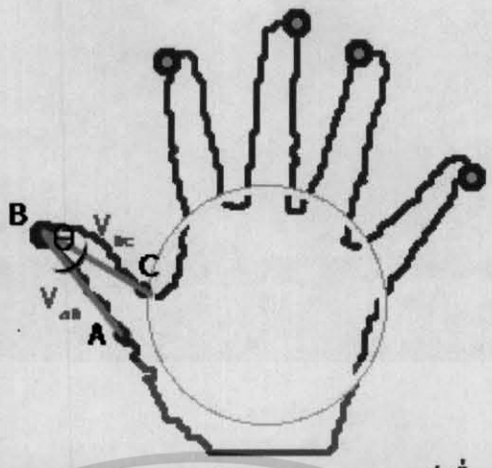
$\vec{V}_{BC}$ จากจุด D_B และจุด D_c

เมื่อนำเวกเตอร์ V_{AB}และเวกเตอร์ V_{BC} มาดอท กันจะได้มุมระหว่างสองเวกตอร์จากสูตร

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = \|\mathbf{a}\| \|\mathbf{b}\| \cos(\theta)$$

โดยถ้าค่ามุม θ มีค่า > 90 องศา แสดงว่าเวกเตอร์ V_{AB} และเวกเตอร์ V_{BC} ยังมีทิศทางเดียวกัน แต่ถ้าค่ามุม θ มีค่า <= 90 องศา แสดงว่าเวกเตอร์ทั้งสองชี้คนละทิศทางโดยมีจุด D_B เป็นจุดเปลี่ยนของมุมโดยจะแสดงการคำนวณดังภาพที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



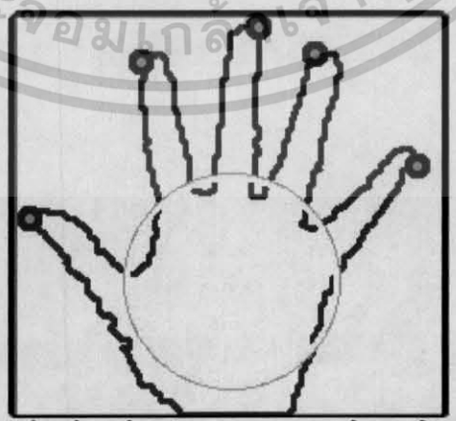
รูปที่ 3.15 แสดงการดอท (DOT) กันของสองเวกเตอร์เพื่อหาจุดปลายนิ้วมือ

เมื่อนำเวกเตอร์ V_{AB}และเวกเตอร์ V_{BC} มาครอสกันจะได้เวกเตอร์บอกทิศทางของจุดว่าที่จุดนั้นเป็นจุดปลายนิ้วหรือเป็นจุดระหว่างนิ้ว เมื่อนำสองเวกเตอร์มาครอสกันจะให้ผลลัพธ์เป็นเวกเตอร์ใหม่จากสูตร

$$\mathbf{a} \times \mathbf{b} = \|\mathbf{a}\| \|\mathbf{b}\| \sin(\theta) \mathbf{n}$$

โดย n คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วย (unit vector)ที่ใช้บอกทิศทางเพื่อบอกว่า จุดนั้นเป็นจุดปลายมือหรือจุดระหว่างนิ้วมือ โดยเมื่อคำนวณหาจุดปลายมือได้โปรแกรมจะทำการวาดจุดปลายมือ(จุดสีฟ้า-ชมพู) ดังรูปที่ 3.15

3. ขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางมือหาจากฟังก์ชั่นการสร้างสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุดที่สามารถใส่วัตถุเข้าไปได้ โดยฟังก์ชั่นจะบอกความกว้างและความยาวของสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุดที่สามารถบรรจุภาพมือลงไปได้แล้วนำความกว้างและความยาวที่ได้จากฟังก์ชั่นไปคำนวณหาจุดศูนย์กลางมือดังรูปที่ 3.16 โดยสีดำคือกรอบสีเหลี่ยมที่ได้จากฟังก์ชั่นนี้



รูปที่ 3.16 แสดงสี่เหลี่ยมที่เกิดจากการใช้ฟังก์ชั่นหาสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้กรอบมือแล้วจะต้องทำการบีบความกว้างกรอบมือให้เล็กลงและครึ่งหนึ่งของความกว้างของกรอบใหม่จะเป็นค่ารัศมีของฝ่ามือและเส้นกับจุดสีเหลืองคือจุดศูนย์กลางมือที่หาได้จากจุดตัดของเส้นทแยงมุมของสี่เหลี่ยมที่ได้มาจากฟังก์ชันสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุด

3.2.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์และตีความความหมายของภาพมือที่โปรแกรมรับภาพเข้ามา

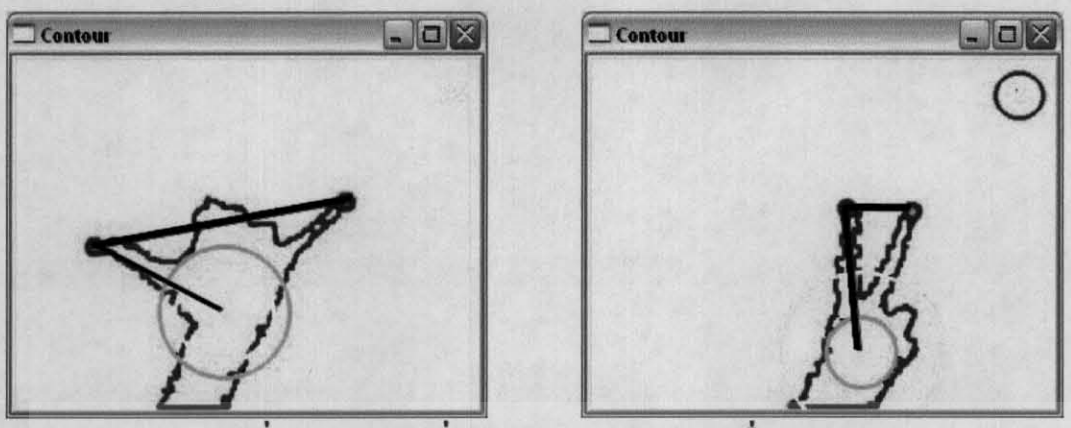
การวิเคราะห์และตีความความหมายของมือคำนวณจากจำนวนของจุดปลายนิ้วที่สามารถหาได้ ตลอดจนการคำนวณระยะห่างระหว่างจุดปลายนิ้วสองจุดที่พบ และระยะห่างระหว่างจุดปลายนิ้วไปยังจุดศูนย์กลางมือเพื่อบอกว่านิ้วนั้นๆ เป็นนิ้วใด

รูปที่ 3.17 แสดงภาพเมื่อพบจุดปลายนิ้วมือเพียงจุดเดียว

รูปที่ 3.18ก และรูปที่ 3.18ข แสดงความต่างในการตีความหมาย

ในกรณีที่พบจุดปลายนิ้วสองจุดซึ่งสามารถตีความได้หลายความหมาย จึงต้องมีการนำจุดปลายนิ้วมาคำนวณโดยการนำตำแหน่งของจุดปลายนิ้วทั้งสองมาคำนวณระยะห่างระหว่างกัน ถ้าระยะห่างระหว่างสองจุดมีค่าใกล้เคียงกับความกว้างของฝ่ามือ และจุดปลายนิ้วจุดแรกมีระยะห่างระหว่างจุดปลายนิ้วและจุดศูนย์กลางมือสั้นกว่า ดังรูปที่ 3.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.19ก และ รูปที่ 3.19ข แสดงการคำนวณเพื่อการตีความ

เมื่อตีความได้ตามจำนวนจุดปลายนิ้ว ระยะความห่างระหว่างจุดปลายนิ้วและระยะทางจากจุดปลายนิ้วไปถึงจุดศูนย์กลางมือแล้ว รูปแบบต่างๆ จะถูกแทนด้วยรหัสตัวเลข (มุมขวาบนของรูปอยู่ภายในวงกลมสีแดงภาพที่ 3.19ก) และถูกส่งไปยังส่วนของเกมเพื่อทำงานตามรหัสที่ได้รับ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม และขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ได้โปรแกรมที่มีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และต้องสามารถรองรับการทำงานของโปรแกรมในทุกๆ สภาพการณ์ในการทดลองและการปฏิบัติงานจริง

4.1 ฮาร์ดแวร์ และ ซอฟต์แวร์สำหรับโปรแกรม

- CPU pantiam4 1ghz
- Ram 256 Mb
- Web camera
- ระบบปฏิบัติการ Window XP sp2
- DirectX 9.0a หรือ 9.0b หรือ 9.0c
- Microsoft Visual Studio .Net 2003
- OpenCV Library
- DXFramework

4.2 อุปกรณ์

กล้องที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ (Web camera) 1 ตัว

รูปที่ 4.1 ภาพตัวอย่างของกล้องที่ใช้ติดต่อกับคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม

HRESULT Room::Load()

เริ่มการทำงานของโปรแกรมโดยการ load sprite ของเกมและตั้งค่าเริ่มต้นการทำงานต่างๆ ทั้งในส่วนของเกมและส่วนประมวลผลภาพ ขึ้นมาพร้อมทำงาน

void **Room::Unload()**

จัดการการทำงานเมื่อโปรแกรมถูกปิดลง เช่น การคืนทรัพยากร

void **Room::Update(**double **fTime**, float **fElapsedTime)**

เป็นส่วนที่วนการทำงานทั้งหมดของโปรแกรม เพื่อใช้ดำเนินเกมและรับเหตุการณ์ต่างๆที่จะถูกส่งเข้ามา รวมถึงการประมวลผลภาพ

void **Room::Render2D(**double **fTime**, float **fElapsedTime)**

เกมแสดงภาพการทำงานตาม interrupt ที่ได้รับ

bool **Room::TimeMod(**double **fTime**, float **fElapsedTime** , int **modTime)**

ฟังก์ชั่นเวลาที่ทำให้ภาพเคลื่อนตามเวลาที่กำหนดไว้ รวมถึงกำหนดความเร็วของการเคลื่อนไหวของภาพตัวละครในแต่ละเฟรม

void **initBgLoad()**

การกำหนดตั้งค่าเริ่มต้นของการกำหนดรูปพื้นหลังเริ่มต้น ได้แก่ การสร้างหน้าต่างสำหรับภาพพื้นหลัง และ การรับภาพเฟรมจากกล้องเว็บคาเมร่า

void **initBgLoop(**int***inStep)**

การวนรับภาพพื้นหลังตลอดเวลาจนกว่าผู้ใช้จะกดปุ่ม Space Bar หรือ ปุ่ม ESC เพื่อออกจากลูปการวนการรับภาพและถือว่าภาพสุดท้ายที่รับจากกล้องเป็นภาพพื้นหลังเริ่มต้น

void **initHistLoop(**int***inStep)**

การวนรับภาพตลอดเวลาจนกว่าผู้ใช้จะกดปุ่ม Space Bar หรือ ปุ่ม ESC เพื่อออกจากลูปการวนการรับภาพและคำนวณฮิสโตรแกรมของสีที่อยู่ภายในกรอบสีขาว ซึ่งคือ สีของมือผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void imgProcessingLoop(int* fingInterrupt)
```

ประมวลผลภาพแต่ละภาพที่ได้รับจากกล้อง โดยการตัดสีที่ไม่อยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้ก่อนแล้ว หลังจากนั้นจึงหาขอบภาพ หาตำแหน่งและขนาดของฝ่ามือ คำนวณขนาดและทิศทางของเวคเตอร์ของเส้นขอบมือ ทำให้รู้จุดเปลี่ยนความชัน ซึ่งเป็นจุดยอดของปลายนิ้ว ตีความหมายและวิเคราะห์ความหมายของรูปรวมถึงการควบคุมการส่งอินเทอร์รัปของความหมายมือที่วิเคราะห์แล้วไปยังส่วนของเกม

```
int calFingers(CvSeq* seqFin,CvPoint center,int r)
```

นับจำนวนจุดปลายนิ้ว และระยะห่างของปลายนิ้ว เพื่อตีความหมายของรูปภาพมือ

```
void analyseFin(int num,int* realFin)
```

ใช้ในการวิเคราะห์ ความหมายภาพที่ตีได้จากหลายๆภาพ เพื่อความแม่นยำในการแปลความหมายของมือ

```
void bgSubtract(IplImage* bg,IplImage* frame,IplImage* sub)
```

การตัดภาพพื้นหลังโดยการเปรียบเทียบค่าสี RGB ดูความแตกต่างของภาพพื้นหลังที่กำหนดไว้กับภาพปัจจุบันที่รับเข้ามาจากกล้อง

```
cvSmooth(backproject,backproject,CV_GAUSSIAN ,5,5,0 );
```

ลดจุดรบกวนของภาพในแต่ละเฟรม

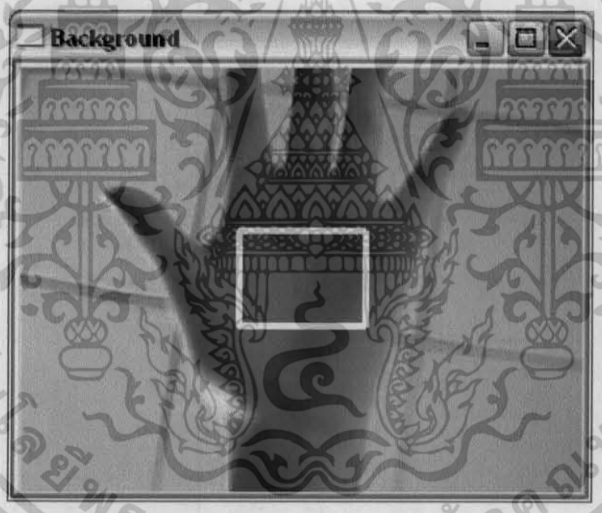
```
cvErode(maskSub, maskSub, ck, 4);cvDilate(maskSub, maskSub, ck, 3);
```

ลดจุดรบกวนของภาพในแต่ละเฟรมที่เหลือจากการลบจุดรบกวนจาก cvSmooth

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ขั้นตอนการทำงานในส่วนของกระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับรูปภาพ (Image processing)

รูปที่ 4.2 แสดงการจับภาพพื้นหลัง



รูปที่ 4.3 แสดงภาพของมือเพื่อกำหนดค่าความถี่ของสีมือ (Histogram)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

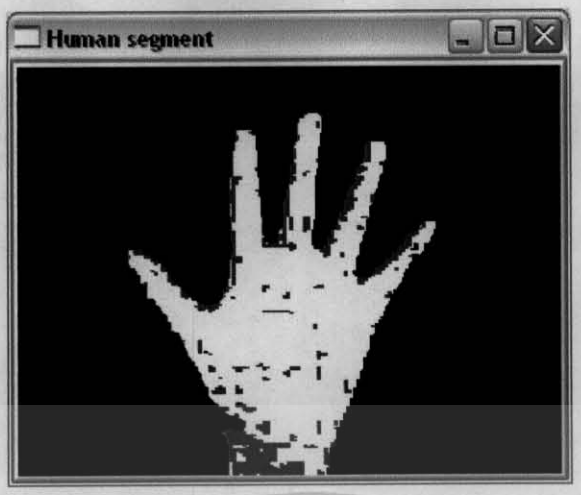
รูปที่ 4.4 ภาพที่ได้จากการนำส่วนที่เป็นภาพพื้นหลังมาลบออกไป

รูปที่ 4.4 แสดงการลบพื้นหลังออกไปโดยกรณีนี้จะสามารถแปลความหมายได้ทันทีหากสภาพแสงคงที่ตลอดเวลา กล้องอยู่นิ่งกับที่ และไม่มีการเกิดเงา

รูปที่ 4.5 ภาพแสดงการเลือกสีที่ต้องการและตัดสีที่ไม่ต้องการจากการกำหนดในรูปที่ 4.3

สีดำในรูปที่ 4.5 จะแสดงส่วนที่ไม่ใช่สีที่ต้องการ และสีขาวจะแสดงในส่วนที่เป็นสีที่ต้องการซึ่งก็คือสีของวัตถุที่เข้ามานอกเหนือจากส่วนที่เป็นพื้นหลัง เมื่อทำการมาส์คส่วนที่เป็นพื้นหลังจะถูกลบออกไปเอาเข้ามาช่วยในรูปที่ 4.4 ในกรณีที่กล้องมีการเคลื่อนไหว หรือ พื้นหลังมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมไปเล็กน้อย จะทำให้ยังสามารถคำนวณหาส่วนที่เป็นมือได้อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



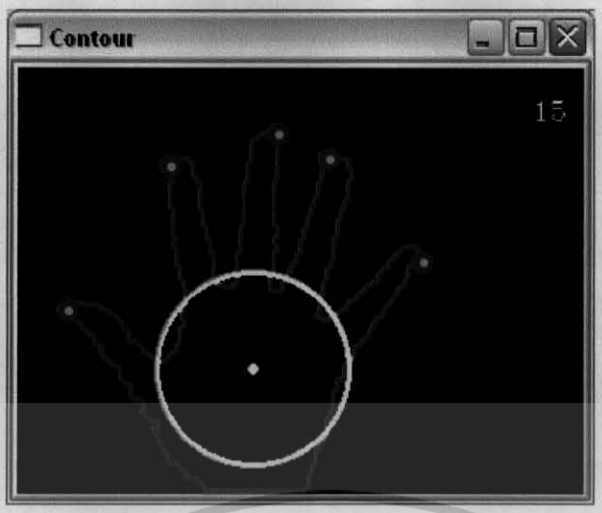
รูปที่ 4.6 ภาพแสดงส่วนของมือที่โปรแกรมทำการวิเคราะห์ได้

ภาพที่ได้จาก 4.5 จะเป็นภาพที่ถูกกำจัดพื้นหลังออกไปแล้วขั้นตอนต่อมาคือการหาส่วนที่มีสีของมือที่ต้องการ โดยการนำค่าความถี่สี (Histogram) ที่ได้จากการกำหนดในรูปที่ 4.3 มาใช้

รูปที่ 4.7 แสดงส่วนของมือที่หาเจอโดยโปรแกรม

รูปที่ 4.7 เมื่อเจอส่วนของมือแล้วจะทำการหาขอบโดยสีแดงแสดงส่วนที่เป็นขอบของมือและหาศูนย์กลางซึ่งแสดงโดยจุดสีเหลืองและวงกลมสีเหลืองจะแสดงส่วนที่เป็นฝ่ามือ และจุดสีชมพูแสดงส่วนของจุดปลายนิ้วมือที่คำนวณหาออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงเส้นขอบมือ จุดปลายของนิ้ว และค่าที่ตีความออกมา

แสดงภาพของมือและความหมายที่ตีความออกมาได้โดยความหมายที่ตีความออกมาจะถูกใส่เป็นตัวเลขอยู่มุมขวาบน

หมายเหตุ : ในกรณีที่สีของมือใกล้เคียงกับสีของพื้นหลังมาก ทำให้ไม่สามารถจับภาพมือได้ ผู้ใช้สามารถนำถุงมือมาใช้เล่นได้ เช่น ใช้ถุงมือสีส้มในกรณีที่มีแสงมากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ขั้นตอนการตั้งค่าก่อนเริ่มการทำงานของแอพพลิเคชั่นเมื่อรวมส่วนของอิมเมจโพรเซสซิ่ง และเกมเข้าด้วยกัน

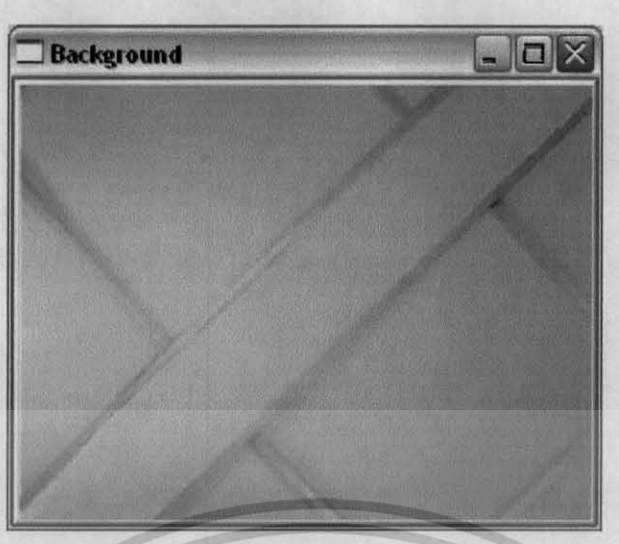
1. เมื่อเริ่มการทำงานของโปรแกรมจะเข้าสู่ขั้นตอนการกำหนดภาพพื้นหลังสำหรับการตัดพื้นหลัง

รูปที่ 4.9 ภาพเปิดของแอพพลิเคชั่น

รูปที่ 4.10 ภาพคำอธิบายการเซตค่าพื้นหลังก่อนเริ่มเกม

เมื่อเปิดโปรแกรม โปรแกรมจะทำการจับภาพพื้นหลังโดยพื้นหลังไม่จำเป็นต้องเป็นพื้นเรียบ สามารถมีลวดลายต่างๆได้ แต่พื้นหลังไม่ควรมีสีที่ใกล้เคียงกับสีของมือ เช่น สีแดง สีส้ม สีเหลือง

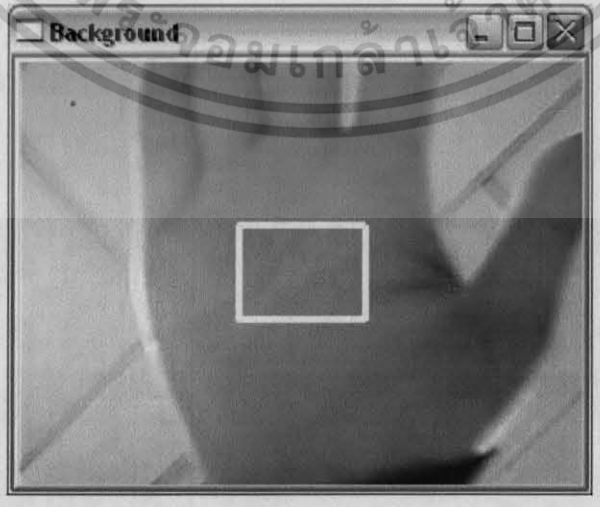
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงภาพพื้นหลังที่ถูกกำหนดขึ้นจากการกด Space Bar

2. การกำหนดค่าความถี่ของสี(Histogram)เริ่มต้นสำหรับการค้นหาและการแยกมือออกจากพื้นหลัง

รูปที่ 4.12 ภาพคำอธิบายวิธีการการกำหนดค่าความถี่ของสีมือของผู้เล่น



รูปที่ 4.13 ภาพแสดงการกำหนดค่าความถี่ของสีมือของผู้เล่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

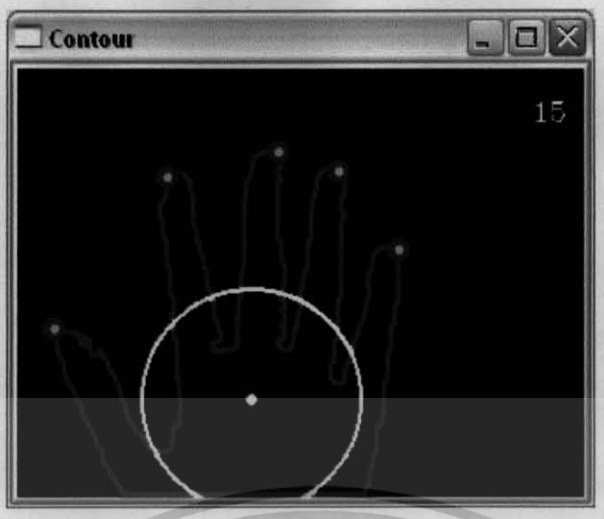
3. ตั้งค่ามือเริ่มต้น

รูปที่ 4.14 ภาพคำอธิบายการกำหนดมือเริ่มต้นของผู้เล่น

รูปที่ 4.15 ภาพจากกล้องที่ทำการรอรับมือที่จะนำเข้ามาแปลความหมาย

เมื่อมีมือเข้ามาในเฟรมส่วนของกระบวนการการทำงานที่เกี่ยวข้องกับรูปภาพจะทำการค้นหาส่วนที่มือจากค่าสีเริ่มต้นที่กำหนดพร้อมกับแสดงภาพของขอบมือที่หาเจอ ดังรูป 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ภาพของมือและความหมายที่ตีความได้

กำหนดค่ามือเริ่มต้นโดยการแบมือเพื่อกำหนดระยะของนิ้วเริ่มต้น สำหรับการวิเคราะห์สัญลักษณ์ต่างๆที่กำหนดไว้ และเมื่อกำหนดค่ามือเริ่มต้นแล้วก็จะเข้าสู่การทำงานของเกม

4. ขั้นตอนการโต้ตอบกับโปรแกรม

รูปที่ 4.17 ภาพแสดงตัวละครเมื่อเข้าสู่หน้าหลักของแอพพลิเคชั่น

แอพพลิเคชั่นจะวนลูปรอรับคำสั่งจากมืออยู่ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

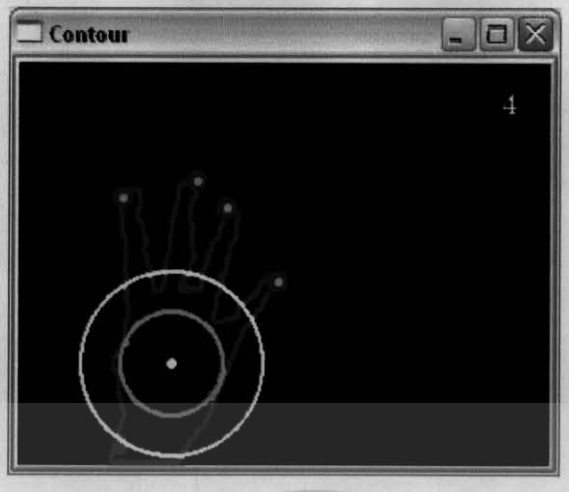
4.5.1 สัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้ภายในเกม

รูปที่ 4.18 คำสั่ง 1 นิ้ว

รูปที่ 4.19 คำสั่ง 2 นิ้ว

รูปที่ 4.20 คำสั่ง 3 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

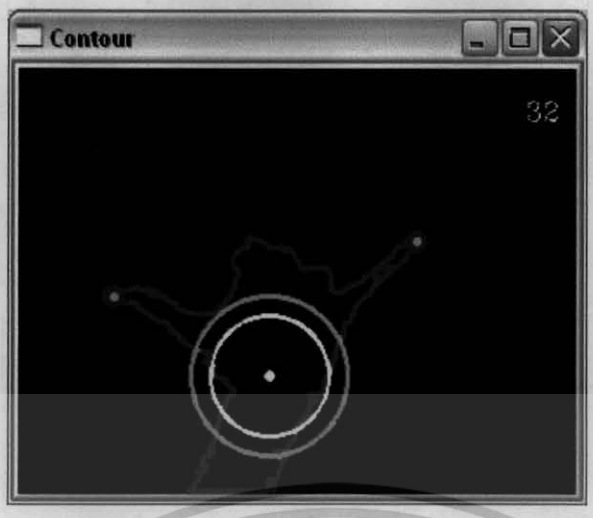


รูปที่ 4.21 คำสั่ง 4 นิ้ว

รูปที่ 4.22 คำสั่ง 5 นิ้ว

รูปที่ 4.23 คำสั่งพิเศษที่สามารถตีความได้ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 คำสั่งพิเศษที่สามารถตีความได้ 2

4.5.2 การทำงานภายในเกมเมื่อได้รับคำสั่ง

4.5.2.1 คำสั่ง 1 นิ้ว

เป็นการให้อาหารแก่สัตว์เลี้ยง โดยก๋วยเตี๋ยวหนึ่งชามจะเสียเงิน 15 $DOLLY และค่า Fullness จะเพิ่มขึ้น ตามรูปที่ 4.25

รูปที่ 4.25 แสดงการรับประทานอาหารเมื่อทำคำสั่ง 1 นิ้ว

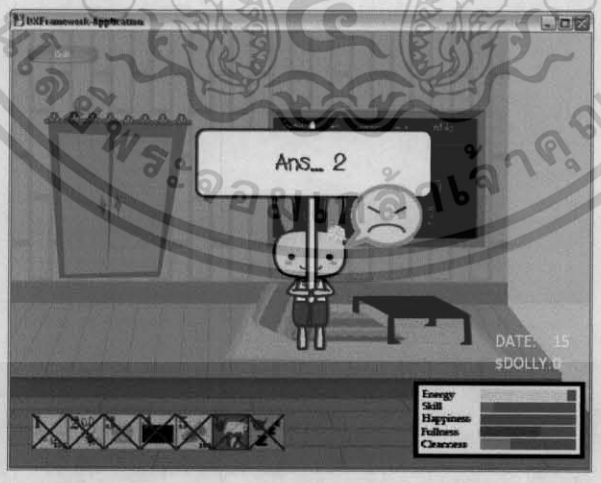
4.5.2.2 คำสั่ง 2 นิ้ว

เป็นการเล่นทายใจสัตว์เลี้ยง โดยทายตัวเลขว่าเป็นเลขใด จาก 1-5 ค่า Happiness จะเพิ่มขึ้น โดยสัตว์เลี้ยงจะรอรับค่าตัวเลขที่ทายตามรูปที่ 4.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.26 แสดงการเริ่มต้นเล่นเกมเมื่อทำคำสั่ง 2 นิ้ว

รูปที่ 4.27 แสดงภาพในกรณีที่ทายถูก



รูปที่ 4.28 แสดงภาพในกรณีที่ทายผิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2.3 คำสั่ง 3 นิ้ว

เป็นการใช้สัตว์เลี้ยงได้อาบน้ำ ค่า Cleanness จะเพิ่มมากขึ้น ตามรูปที่ 4.29

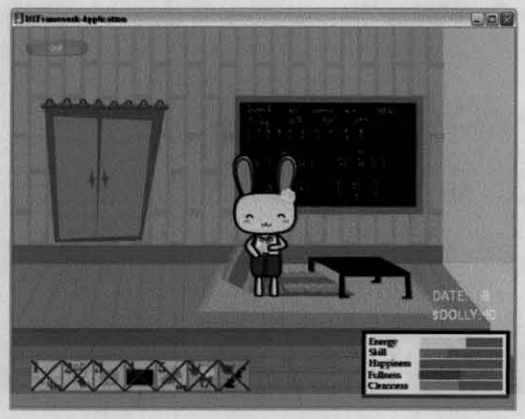
รูปที่ 4.29 แสดงการอาบน้ำเมื่อได้รับคำสั่งอาบน้ำเมื่อทำคำสั่ง 3 นิ้ว

4.5.2.4 คำสั่ง 4 นิ้ว

เป็นการให้สัตว์เลี้ยงเรียนหนังสือ โดยการเรียนหนังสือจะแบ่งออกเป็นสามระดับตาม skill ของสัตว์เลี้ยง เมื่อสัตว์เลี้ยงมี skill มากขึ้นสิ่งที่เรียนก็จะยากขึ้นตาม โดยมีระดับต่างๆ ตามรูปที่ 4.30, 4.31, 4.32

รูปที่ 4.30 ระดับที่ 1 การไหว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.31 ระดับที่ 2 การร้อยมาลัย

รูปที่ 4.32 ระดับที่ 3 การเล่นระนาด

4.5.2.5 คำสั่ง 5 นิ้ว

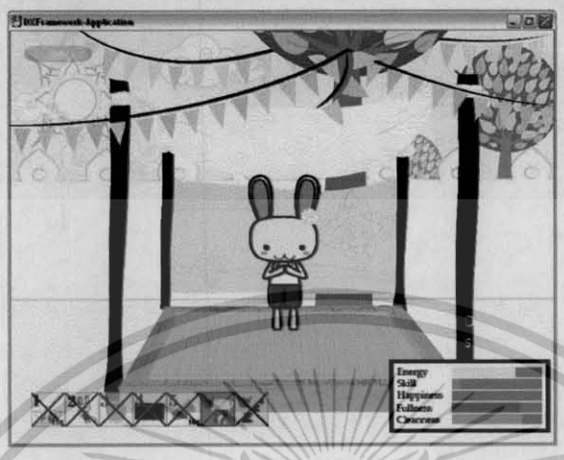
เป็นการให้ขนมแก่สัตว์เลี้ยง โดยขนมเทียนหนึ่งจานจะเสียเงิน 10 $DOLLY และค่า Fullness จะเพิ่มขึ้น ตามรูปที่ 4.33

รูปที่ 4.33 แสดงการกินขนมเมื่อได้รับคำสั่งกินขนมเมื่อทำคำสั่ง 5 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2.6 คำสั่งพิเศษที่สามารถตีความได้ 1

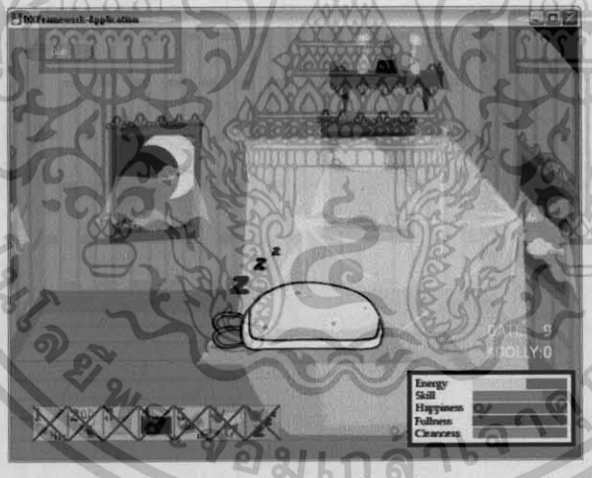
เป็นการส่งสัตว์เลี้ยงเข้าแข่งขัน โดยจะสามารถแข่งได้ทุกๆ วันที่ลงท้ายด้วย 5 และ 0 โดยถ้าแข่งชนะจะได้เงิน $DOLLY สำหรับการซื้ออาหาร และ Skill ก็จะเพิ่มขึ้นตามรูป 4.34



รูปที่ 4.34 แสดงการแข่งขันเมื่อได้รับคำสั่งแข่ง

4.5.2.7 คำสั่งพิเศษที่สามารถตีความได้ 2

เป็นการใช้สัตว์เลี้ยงได้พักผ่อนเพื่อเพิ่ม Energy ตามรูปที่ 4.35



รูปที่ 4.35 แสดงการนอนของสัตว์เลี้ยงเมื่อได้รับคำสั่งนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ข้อจำกัดของการใช้โปรแกรมในสภาพแวดล้อมต่างๆ กัน

รูปที่ 4.36 แสดงพื้นหลังที่มีแสงรบกวนเล็กน้อย

รูปที่ 4.37 ภาพแสดงการตรวจจับมือในสภาพแวดล้อมที่มีแสงรบกวนเล็กน้อย

ถ้ามีแสงรบกวนเพียงเล็กน้อย แอพพลิเคชั่นยังสามารถแปลความหมายของมือได้ปกติเหมือนสภาพแวดล้อมที่ไม่มีแสงรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.38 แสดงพื้นหลังที่มีสีใกล้เคียงกับสีผิวมนุษย์มาปะปนอยู่

รูปที่ 4.39 ภาพแสดงการตรวจจับมือในสภาพแวดล้อมที่มีพื้นหลังสีใกล้เคียงกับสีผิว

จากภาพจะเป็นได้ว่าแอพพลิเคชั่นไม่สามารถตรวจจับหาส่วนที่เป็นมือได้เนื่องมาจากค่าความถี่ของสี(Histogram) ของพื้นหลังและมือมีความถี่สีใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.40 แสดงพื้นหลังที่มีแหล่งกำเนิดแสงรบกวนมาก

รูปที่ 4.41 ภาพแสดงการตรวจจับมือในสภาพแวดล้อมที่มีแหล่งกำเนิดแสงรบกวนมาก

จากภาพกล้องจะไม่สามารถตรวจจับส่วนที่เป็นมือได้ครบเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดแสงที่มีปริมาณมากเข้ามารบกวนทำให้สีของมือในเฟรมที่กล้องตรวจจับได้เปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.42 แสดงพื้นหลังที่มีส่วนอื่นๆ นอกจากมือเข้ามาในกล้องในสัดส่วนที่มากกว่ามือ

หากกล้องตรวจจับสีผิวมนุษย์ได้มากกว่า 1 ชิ้นส่วนและชิ้นส่วนที่ตรวจจับได้มีพื้นผิวใกล้เคียงกัน แอพพลิเคชั่นจะไม่สามารถตรวจจับหาส่วนที่เป็นมือได้

รูปที่ 4.43 แสดงพื้นหลังที่มีส่วนอื่นๆ นอกจากมือเข้ามาในกล้อง ในสัดส่วนที่น้อยกว่าส่วนของมือ

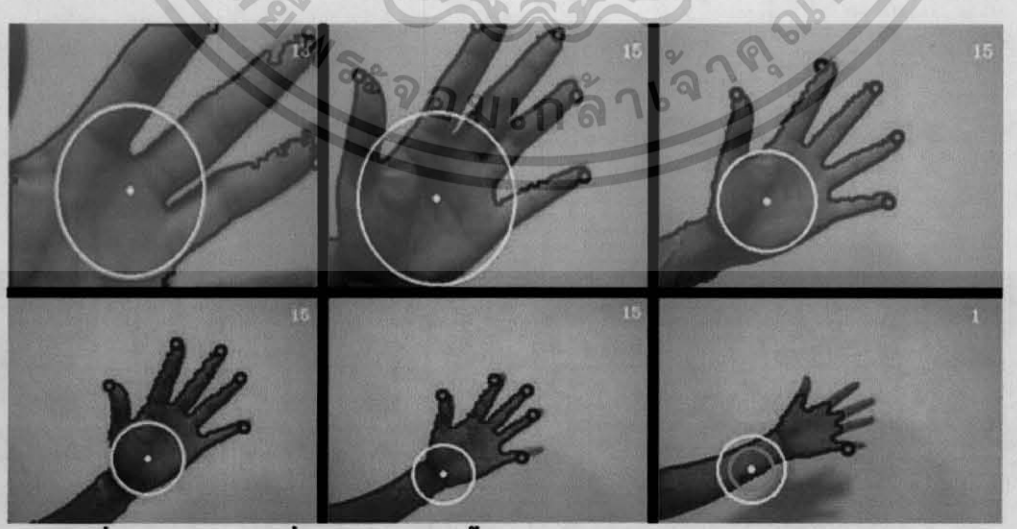
หากมีส่วนที่เป็นผิวของมนุษย์เข้ามาแต่อยู่ในอัตราส่วนที่น้อยกว่าส่วนของมือโปรแกรมยังสามารถตรวจจับและแปลความหมายในส่วนของมือได้อย่างปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.44 แสดงพื้นหลังที่มีสีอื่นๆ ที่ไม่ใช่สีแดง ส้ม เหลือง เข้ามาปนแอพพลิเคชั่นยังสามารถตีความได้ตามปกติ

ตารางที่ 4.1 ความสามารถในการแปลความหมายของมือที่ระยะต่างๆ

รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของมือ	แปลความหมายได้	แปลความหมายไม่ได้
เอียง < 45 องศา	✓	
เอียง > 45 องศา		✓
มืออยู่ห่างจากกล้อง < 5 ซม		✓
มืออยู่ห่างจากกล้อง > 15 ซม	✓	
มืออยู่ห่างจากกล้อง < 50 ซม	✓	
มืออยู่ห่างจากกล้อง > 70 ซม		✓



รูปที่ 4.45 แสดงมือที่ระยะต่างๆ กันตั้งแต่น้อยกว่า 5 ซม. จนถึงมากกว่า 70 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การทำงานในปัจจุบัน ยังมีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดพื้นหลังคงที่เพื่อให้สามารถตัดพื้นหลังออกและแยกมือออกจากพื้นหลังได้สะดวก ทำให้กล้องไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ขณะเล่นเกม

ทางด้านการวิเคราะห์และแปรผลมือ ยังไม่ครอบคลุมสัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันได้ทั้งหมดและไม่สามารถแปรผลมือได้ครบทั้งสองฝั่ง ยังจำเป็นต้องกำหนดให้นิ้วโป้งของมือที่ใช้เล่นกับโปรแกรมอยู่ทางด้านขวามือของจอแสดงผลเท่านั้น และในกรณีที่มือเคลื่อนไหวมากๆ ยังไม่สามารถตรวจจับได้

แต่ในอนาคตคาดว่าจะสามารถพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำโปรแกรมไปพัฒนาและประยุกต์ในงานด้านต่างๆได้นอกจากด้านความบันเทิง เช่นด้านการแพทย์ ด้านการสื่อสารระหว่างคนใบ้โดยการนำโปรแกรมไปประยุกต์ในการแปรภาษามือเพื่อการสื่อสารกับคนปกติ ตลอดจนการพัฒนาสำหรับเป็นสื่อการเรียนการสอน

5.1.1 ปัญหาต่างๆ ที่พบระหว่างการพัฒนาโปรแกรม

1. การพัฒนาโปรแกรม ประกอบไปด้วยการนำไลบารี่ (Library) ที่มีชื่อว่า โอเพ่นซีวี (OpenCV)ซึ่งเป็นไลบารี่ฟรีแวร์(Freeware)สำหรับจัดการการประมวลผลภาพที่พัฒนาโดยกลุ่มคนกลุ่มหนึ่งที่รวมกันก่อตั้ง ทำให้ยังมีปัญหาและจุดบกพร่องต่างๆอยู่บ้าง ตลอดจนข้อมูลทางด้านการประมวลผลภาพค่อนข้างเป็นเรื่องใหม่ทำให้ยากในการค้นคว้าหาข้อมูล ตลอดจนการทดลองต่างๆ
2. เนื่องจากการทำงานของโปรแกรมเป็นการทำงานแบบเรียลไทม์ (real time) ทำให้กล้องที่ใช้จำเป็นต้องมีอัตราการเปลี่ยนภาพค่อนข้างสูงเพื่อให้ได้ภาพสำหรับการแปลความหมายต่อเนื่องกัน ซึ่งหากนำมาใช้งานกับกล้องรุ่นเก่าที่อัตราการเปลี่ยนภาพต่ำจะทำให้มีปัญหาในการประมวลผลและวิเคราะห์แปลความหมายภาพในตลอดจนส่งผลกระทบถึงตัวโปรแกรมเกมทำให้การทำงานอาจกระตุกและหยุดชะงักในบางช่วง
3. การพัฒนาโปรแกรมส่วนที่เป็นเกมพัฒนาจากเฟรมเวิร์ค (Framework) ที่มีชื่อว่าดีเอ็กซ์เฟรมเวิร์ค (DXFramework) ซึ่งเป็นโอเพ่นซอส (Open Source) เช่นเดียวกันทำให้มีปัญหาในการศึกษาการใช้งาน การค้นคว้าข้อมูลต่างๆตลอดจนข้อจำกัดบางประการในการพัฒนา
4. การทำงานกับสภาพแวดล้อมต่างๆ อาจจะส่งผลกระทบกับตัวโปรแกรมได้ สภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อตัวโปรแกรม เช่น แสงในบริเวณที่ใช้งาน เนื่องจากแสงหาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีมากเกินหรือน้อยเกินไปอาจจะทำให้การตีความภาพมีปัญหาตลอดจนการเกิดเงาที่บริเวณของมือที่ใช้งานการส่งข้อมูล หรือถ้าหากมีน้อยเกินไปก็ทำให้ยากในการตีความภาพได้เช่นกันหรือในกรณีที่บริเวณนั้นมีแสงสีแดง,สีส้ม,สีเหลืองมากเกินไปอาจจะทำให้ตรวจจับสีของมือได้ยากขึ้นทำให้ต้องมีการนำเอาถุงมือที่มีสีแดงหรือสีส้มเข้ามาช่วยในบางกรณี

5. การแปรความหมายมือในรูปแบบต่างๆ จำเป็นต้องกำหนดค่ามือเริ่มต้นสำหรับการเปรียบเทียบเพื่อหาความหมาย เนื่องจากการแปลความหมายมือนั้นทำจากการนับจำนวนของนิ้วและวัดค่าระยะความห่างเป็นหลัก หากไม่มีการกำหนดค่ามือเริ่มต้นนั้นจะทำให้เกิดการแปลค่าผิดพลาด

5.1.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม

1. สภาพแวดล้อมของระบบต้องเป็นระบบปิดหรือมีการควบคุมปัจจัยต่างที่มีผลกระทบต่อระบบเช่น เรื่องของแสง แสงของสภาพแวดล้อมไม่ควรสว่างหรือมืดเกินไปหรือไม่ควรมีแสงสีแดง, เหลือ, ส้ม มากเกินไป
2. พื้นหลังไม่สามารถเปลี่ยนได้ เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงานแล้วทำการตั้งค่าพื้นหลังเริ่มต้นแล้วพื้นหลังไม่ควรจะมีการเปลี่ยนแปลง เพราะอาจจะเกิดผลกระทบกับการแยกมือออกจากภาพพื้นหลัง และ การวิเคราะห์แปลความหมายของภาพมือที่ได้รับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การเลือกใช้กล้องสำหรับการทำงานกับโปรแกรมควรเลือกกล้องที่มีอัตราความถี่ของการรับภาพสูงเพื่อลดการกระตุกในการประมวลผล
2. การเลือกใช้คอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงจะทำให้ความสามารถในการประมวล ผลมีประสิทธิภาพดีขึ้น

5.3 แนวทางการพัฒนาในอนาคต

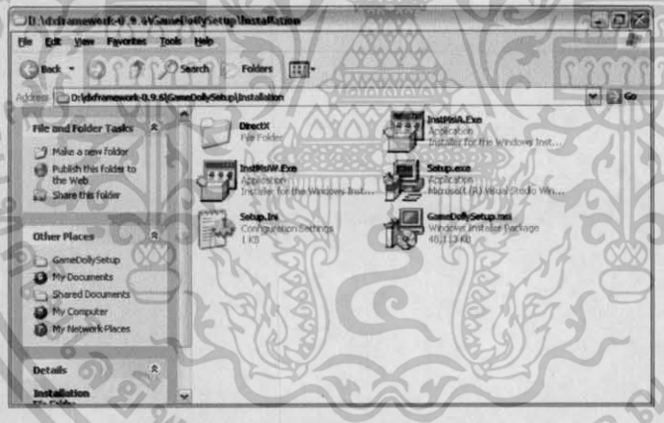
1. พัฒนาแอพพลิเคชั่นให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ต้องขึ้นกับภาพพื้นหลัง
2. พัฒนาฟังก์ชันของเกมแอพพลิเคชั่นให้มีมากขึ้น เพื่อเพิ่มความสนุกและความท้าทาย
3. พัฒนาให้แอพพลิเคชันให้สามารถตีความได้ทั้งแบบหน้ามือและหลังมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อทำการติดตั้งเสร็จระบบจะแจ้งให้ทราบว่าได้ทำการติดตั้งโปรแกรมเสร็จแล้วกด "Finish"

รูปที่ ก-3 แสดงการติดตั้งโปรแกรมDirectX runtime เวอร์ชัน 9.0 c เสร็จสิ้น

4. เข้าไปในไดเรคทอรี่ Install ซึ่งมี Setup.exe



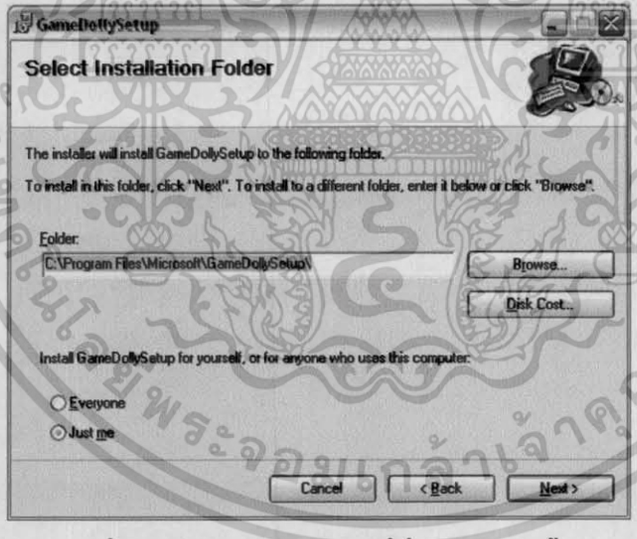
รูปที่ ก-4 แสดงไดเรคทอรี่ Install

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. จากนั้นระบบจะขึ้นหน้าจอให้เลือกว่าจะทำการติดตั้งโปรแกรมหรือไม่ ถ้าต้องการติดตั้ง กด “Next >”

รูปที่ ก-5 แสดงการเริ่มการติดตั้งโปรแกรม

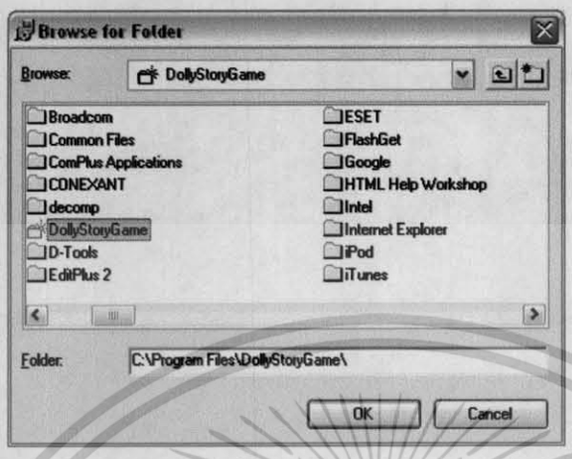
6. เลือกไดเรคทอรี่ที่จะติดตั้งโปรแกรม โดยการกดเลือกที่ “Browse”



รูปที่ ก-6 แสดงการไดเรคทอรี่ที่ต้องการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ในการเลือกไดเรคทอรี่ที่ติดตั้งเกมนั้น สามารถตั้งโฟลเดอร์ขึ้นมาใหม่ หรือ เลือกโฟลเดอร์ที่มีอยู่แล้ว กด “OK” เพื่อเลือกโฟลเดอร์



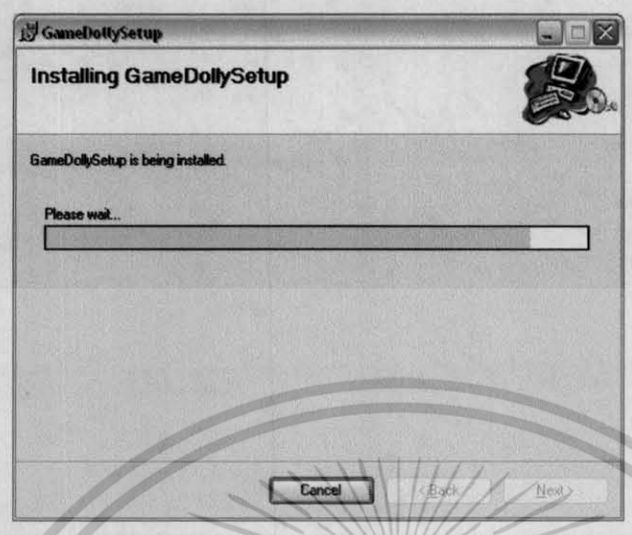
รูปที่ ก-7 แสดงการเลือกโฟลเดอร์ที่ต้องการติดตั้ง

8. กด“Next >”เพื่อยืนยันและเริ่มการติดตั้ง

รูปที่ ก-8 แสดงการยืนยันการติดตั้งโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. จากนั้นระบบจะทำการติดตั้งโปรแกรม



รูปที่ ก-9 แสดงความก้าวหน้าการติดตั้งโปรแกรม

10. เมื่อทำการติดตั้งเสร็จระบบจะแจ้งให้ทราบว่าได้ทำการติดตั้งโปรแกรมเสร็จแล้ว

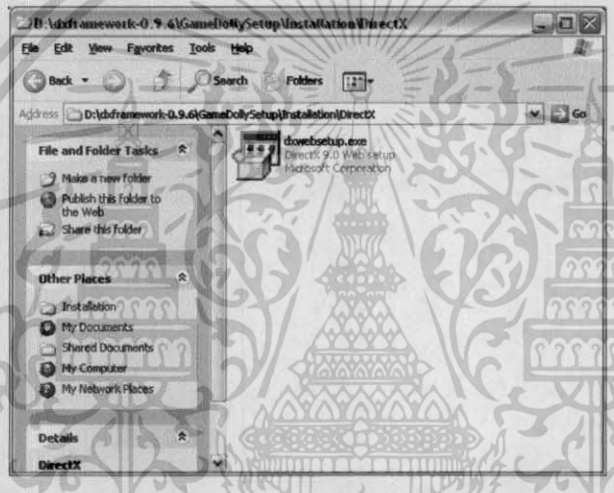
รูปที่ ก-10 แสดงการติดตั้งเสร็จสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
การติดตั้งโปรแกรม

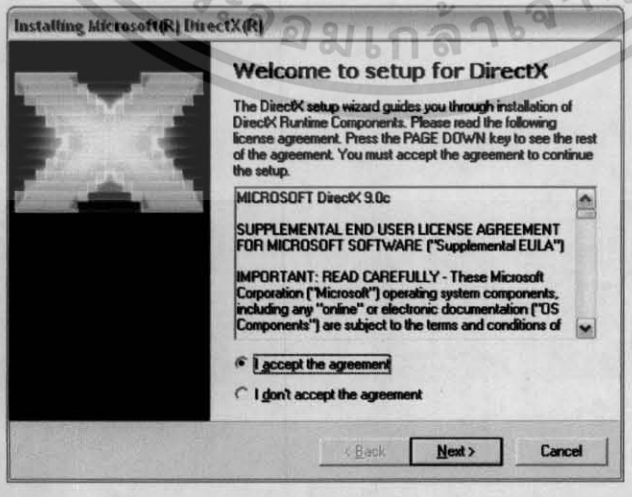
ในการใช้งานเกมนิทานบ้านตุ๊กตุ่นจำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรมลงในเครื่องคอมพิวเตอร์โดยมีวิธีการดังนี้

1. หากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต้องการติดตั้งยังไม่มีโปรแกรม DirectX runtime เวอร์ชัน 9.0 ต้องติดตั้งโปรแกรม DirectX runtime เวอร์ชัน 9.0 ก่อนโดยการ เข้าไปในไดเรคทอรี่ ..\Install\DirectX ซึ่งมี dxwebsetup.exe หากเครื่องคอมพิวเตอร์มีโปรแกรมนี้อยู่แล้วให้ข้ามไปที่ข้อ 4



รูปที่ ก-1 แสดงไดเรคทอรี่ ..\Install\dxwebsetup.exe

2. ระบบจะแสดงข้อตกลงในการใช้โปรแกรม หากยอมรับข้อตกลงให้เลือก "I accept the agreement" และกด "Next >"



รูปที่ ก-2 แสดงการเริ่มต้นการติดตั้งโปรแกรม DirectX runtime เวอร์ชัน 9.0 c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ยุทธนา ลีลาศวัฒนกุล. 2537. **คู่มือการเขียนโปรแกรมวินโดว์ขั้นสูงด้วย Visual C++ ฉบับ .NET Episode One.** กรุงเทพฯ : ดวงกมลสมัย

Bretzner, L., Laptev, I., Lindeberg, T., Lenman, S., and Sundblad, Y. **A prototype system for computer vision based human computer interaction.** [Online] . Available : http://www.nada.kth.se/cvap/abstracts /cvap251.html . 2003

Crampton ,S.C. and Betke, M. **Counting Fingers in Real Time: A Webcam-Based Human-Computer Interface with Game Applications** .[Online]. Available : http://cs-people.bu.edu/stevec/research/Crampton-Betke.pdf . n.d.

Freeman, W., Anderson, D., Beardsley, P., Dodge, C., Roth, M., Weissman, C., And Yerazunis, W. **Computer vision for interactive computer graphics.** IEEE Computer Graphics and Applications.,vol.18, no.3, May/June 1998 ,pp.42-53.

Gunes,H. , Piccardi, M. and Tony,J. **Face and Body Gesture Recognition for a Vision-Based Multimodal Analyzer**. [Online]. Available : http://crpit.com/confpapers/CRPITV36Gunes.pdf .n.d.

Intel Corporation. **CV Reference Manual.**[Online].Available : http://opencvlibrary.sourceforge.net /CvReference/ . n.d.

Intel Corporation. **CXCORE Reference Manual.**[Online].Available : http://opencvlibrary .sourceforge.net/CxCore. n.d.

Jain, R., Kasturi, R., and Schunck, B. 1995. **Machine vision**. New York: McGraw-Hill.

Jennings, C. **Robust finger tracking with multiple cameras.**[Online].Available : http://www.cs.ubc.ca/spider/ Jennings/ratfg-rts99/cj99.pdf .1999.

Jonathan Voigt (2006). **DXFramework**. University of Michigan.[Online].Available : http://dxframework.sourceforge.net/

Mohamed Ali and David Clausi (2001:2298). **Using The Canny Edge Detector for Feature Extraction and Enhancement of Remote Sensing Images.** Canada: IEEE Press

Pohl, I. 2002. **C++ by Dissection**. United States of America : Addison-Wesley

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rupe ,J.C. **Vision-Based Hand Shape Identification for Sign Language Recognition** .[Online]. Available : https://ritdml.rit.edu/dspace/bitstream/1850/940/8/JDupeThesis2005.pdf . 2005.

Shahzad,M . **Real-time Hand Tracking and Finger Tracking for Interaction .** [Online] . Available : http://www.cs.toronto.edu/~smalik/downloads/2503_project_report.pdf . 2003.

Stroustrup, B. 1997. **The C++ Programming Language**. 3rd. ed. Massachusetts : Addison Wesley Longman.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้