

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การหาจุดเด่นของขอบภาพวัตถุ

THE DETECTION OF DOMINANT POINT ON EDGE OBJECT



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เลขหม.....
เลขทะเบียน..... 34076
วัน, เดือน, ปี..... 1 ต.ค. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
สงวนลิขสิทธิ์ | ห้ามนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต | ห้ามนำไปเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาจุดเด่นของขอบภาพวัตถุ
THE DETECTION OF DOMINANT POINT ON EDGE OBJECT

โดย

นาย วราวุฒิ อรุณรัตน์ชัย 39013173

นาย ทานธวัช สุขโสสม 39013197

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. มนัส สังวรศิลป์

ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2541


ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การหาจุดเด่นของขอบภาพวัตถุ

ผู้จัดทำ

1. นาย วราวุฒิ อรุณรัตน์ชัย 39013173
2. นาย ทานชวีช สุขโสสม 39013197


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ดร. มนัส สัจจวรศิลป์)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการภาษาไทย

การหาจุดเด่นของขอบภาพวัตถุ

ชื่อโครงการภาษาอังกฤษ

THE DETECTION OF DOMINANT POINT ON EDGE
OBJECT

ชื่อนักศึกษาและเลขประจำตัว

นาย วราวุฒิ อรุณรัตน์ชัย

39013173

นาย ทานธวัช สุขโสม

39013197

โครงการได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมทั้งจะทำการทดสอบได้



การหาจุดเด่นของขอบภาพวัตถุ

นาย วราวุฒิ อรุณรัตน์ชัย 39013173

นาย ทานธวัช สุขโสสม 39013197

รศ.ดร.มนัส สัจวรศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการนำเสนอหลักการพื้นฐานของการประมวลผลภาพ โดยการนำภาพที่ได้จากการจับด้วยกล้องแบบดิจิทัลโดยการเขียนโปรแกรมดึงภาพจากกล้องด้วยโปรแกรม Delphi ซึ่งภาพที่จับได้ อยู่ในรูปแบบของไฟล์จุด BMP แล้วนำภาพที่ได้ไปทำการประมวลผลด้วยการหาขอบของภาพโดยใช้โปรแกรม Matlab ตามวิธีการของโรเบิร์ต, โซเบล, และพรีวิทท์ ต่อจากนั้นก็นำขอบภาพที่ได้จากการหา ไปทำการหาจุดเด่น

THE DETECTION OF DOMINANT POINT ON EDGE OBJECT

Mr.Varavut Arunratanachai 39013173

Mr.Thanthawat Suksom 39013197

Asst.Prof.Dr.Manus Sungvornsilp Advisor

Academic Year 1998

Abstract

This thesis aim to present basic concept of Image Processing, such as capture image with digital camera by using the program Delphi for recive image of file in form BMP. Then process the BMP file to the program MATLAB for edge detection using Robert, Sobel and Prewitt method. Finally dominat points on edged arc detected.

สารบัญ

บทที่ 1		
1.1	บทนำ	1
1.2	วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
บทที่ 2	หลักการประมวลผลภาพ	2
2.1	หลักการพื้นฐานของอิมเมจโปรเซสซิ่ง	2
2.2	ความหมายและนิยามของภาพในระบบดิจิทัล	4
2.3	การแทนรูปภาพด้วยระบบดิจิทัล	5
2.4	ระบบการประมวลผลทางดิจิทัล	6
2.5	การสุ่มแบบสม่ำเสมอและควอนไทเซชัน(Uniform Sampling and Quantization)	7
2.6	เทคนิคต่างๆในการประมวลผลภาพ	8
บทที่ 3	Image processing	9
3.1	ความหมายของ Image processing	9
3.2	กระบวนการประมวลผลภาพ	9
3.2.2	กระบวนการในสเปซเชียลโดเมน(Spatial domain)	9
3.2.1	กระบวนการในโดเมนความถี่(frequency domain)	9
บทที่ 4	การหาขอบภาพ	14
4.1	รูปแบบของขอบภาพ	14
4.2	การหาขอบภาพ(Edge Detection)	17
4.2.1	การสร้างเกรเดียนท์มุลติก(Orthogonal Gradient Generation)	17
4.2.2	โรเบิร์ตส์ดิฟเฟอเรนซ์โอเปอเรเตอร์	19
4.2.3	พรีวิทท์โอเปอเรเตอร์(Prewitt operator)	19
4.2.4	โซเบล โอเปอเรเตอร์(Sobel operator)	20
บทที่ 5	การคำนวณหาจุดเด่นของเส้นขอบภาพ	22
5.1	ตัวกรองเกาส์เซียน	22
5.2	การประมวลผลเพื่อหาจุดเด่นของภาพ	26
5.2.1	การประสานเส้นขอบภาพด้วยตัวกรองเกาส์เซียน	26

5.2.2 การคำนวณหาค่าความโค้งด้วยการเปลี่ยนค่า สเกล-สเปซ ของตัวกรอง เกาส์เซียน	27
5.2.3 สเกล-สเปซ อิมเมจ	28
5.2.4 การตรึงจุดเด่นให้คงที่โดยการใช้ซอฟต์แวร์	28
บทที่ 6 ขั้นตอนการทำงานและผลการทดลอง	29
บทที่ 7 สรุปผลการทดลอง	40
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	



บทที่ 1

1.1 บทนำ

ในการดำเนินชีวิตประจำวันของเราทุกคนในยุคโลกาภิวัตน์ส่วนแล้วแต่เป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยทั้งด้านการดำรงชีวิตและด้านการสื่อสารส่วนแล้วแต่ต้องพึ่งพาคอมพิวเตอร์กันทั้งนั้นซึ่งจะต้องอาศัยโปรแกรมเข้ามาช่วยในการทำงานให้ประสบความสำเร็จ และรวดเร็วที่สุดในการทำงาน จึงนับได้ว่าโปรแกรมเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมาก เพราะฉะนั้นผู้เขียนจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการเขียนโปรแกรมเพื่อประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ซึ่งผู้เขียนจะนำโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาใช้กับการแก้ไขและปรับปรุงภาพที่มีจุดบกพร่องให้ได้ภาพใหม่ที่มีคุณสมบัติตามต้องการ ซึ่งจะมีกระบวนการต่างๆและรายละเอียดในการทำงานซึ่งจะอธิบายไว้ในบทถัดไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

โครงการนี้ผู้เขียนได้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาเรื่องการประมวลผลภาพ(image processing) ในขั้นที่สูงขึ้นโดยเป็นการแนะนำเพื่อให้เข้าใจในหลักการคร่าวๆของการประมวลผลภาพและวิธีการในการประมวลผลภาพวิธีการเขียนโปรแกรมต่างๆเพื่อนำมาใช้งานจริง การเปรียบเทียบผลของภาพที่ทำการประมวลผลของภาพที่ทำการประมวลผลภาพกับภาพที่ไม่ได้ทำการประมวลผลภาพเพื่อหาข้อสรุป

บทที่ 2

หลักการประมวลผลภาพ

2.1 หลักการพื้นฐานของอิมเมจโพรเซสซิง

อิมเมจโพรเซสซิง(image processing)เป็นกระบวนการที่ใช้ในการจัดการข้อมูลที่เป็นรูปภาพต่างๆ ให้อยู่ในลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าเพื่อที่จะได้นำข้อมูลที่เป็นสัญญาณไฟฟ้านั้นไปใช้ประโยชน์ทางอื่น เป็นต้นว่า การตกแต่ง, การส่งรูปภาพไปตามสายนำสัญญาณจากที่แห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่ง(ซึ่งก็คือหลักการของโทรสาร), การเก็บข้อมูลรูปภาพไว้ในหน่วยความจำเพื่อทำอัลบั้มภาพทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ประโยชน์เพิ่มเติมข้อมูลพนักงานม, เพิ่มอายุกรรม เป็นต้น นอกเหนือไปจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในงานด้านรักษาความปลอดภัย, ตรวจสอบลายนิ้วมือ ได้อีกด้วย

พิกเซล(pixel)

ภาพที่จะถูกแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า จะได้รับการแบ่งรายละเอียดของภาพเป็นตารางเล็กๆ และตารางเล็กๆนั้นคือ พิกเซล(pixel) นั่นเอง และเมื่อมีการจัดเรียงพิกเซลก็จะเกิดพิกเซลที่เป็นแถว (row) และ คอลัมน์(column) โดยมีจำนวนแถวทางแนวนอนเป็น N แถว และมีจำนวนคอลัมน์ทางแนวตั้งเป็น M คอลัมน์ ซึ่งในแต่ละพิกเซลจะแทนด้วย $P(i,j)$ โดยที่ i และ j จะเป็นเลขจำนวนเต็ม และที่เรียกการจัดเรียงของพิกเซลว่าพิกเซลเมตริกซ์(pixel matrix)

เมื่อทราบตำแหน่งของพิกเซลแล้วจำเป็นต้องทราบว่าที่ตำแหน่งนั้นๆ พิกเซลมีค่าเท่าไรซึ่งค่าที่ว่าเป็นก็คือค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงที่ตกกระทบบนตำแหน่งของแต่ละพิกเซลซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 เมื่อทำเป็นภาพที่ความเข้มสองระดับ

ลักษณะข้อมูลภาพ

1. ภาพ 2 ระดับ คือ มีแค่จุดขาวกับดำเท่านั้น โดยแต่ละจุดเป็นข้อมูล 1 บิต
2. ภาพ 16 ระดับ ซึ่งในแต่ละจุดภาพจะเป็นข้อมูล 4 บิต ซึ่งทำให้แสดงภาพได้ 16ระดับสี หรือ 16 ระดับสีเทา ขึ้นอยู่กับว่าภาพนั้นเป็นภาพสีหรือขาว-ดำ
3. ภาพ 256 ระดับ ซึ่งในแต่ละจุดภาพจะเป็นข้อมูล 8 บิต ซึ่งทำให้สามารถแสดงภาพได้ 256 สี หรือ ระดับสีเทา ขึ้นอยู่กับว่าภาพนั้นเป็นภาพสีหรือขาว-ดำ
4. ภาพ True Color ซึ่งในแต่ละจุดจะเป็นข้อมูลขนาด 24 บิต ทำให้สามารถแสดงภาพได้เหมือนภาพจริงมากที่สุด เพราะสามารถแปลงสีได้ถึง 16,777,216 สี ภาพ true color สามารถแสดงได้เฉพาะภาพสีเท่านั้น ไม่สามารถแสดงภาพขาว-ดำได้

การแสดงผลสีนี้ใช้วิธีตั้งค่าแม่สีในตารางสี โดยอาจเลือกสีเป็นแบบ 16 สี จาก 64 สี หรือ 16 สี จาก 262,144 สี หรือ 256 สี จาก 262,144 สี ขึ้นอยู่กับโหมดการแสดงผล สำหรับ true color ไม่มี การเลือกสี แสดงผลได้โดยการส่งค่าสี RGB ผ่าน D/A (Digital to Analog) สี ละ 8 บิตออกไปเลย ความแตกต่างของการแสดงผลสีและขาว-ดำ คือภาพขาว-ดำ จะต้องตั้งให้แม่สีทั้ง 3 สี มีค่าเท่ากัน เนื่องจาก VGA กำหนดให้แม่สีแต่ละสีใช้รีจิสเตอร์(Register) 6 บิต ทำให้แม่สีแต่ละสีแสดงผลได้ เพียง 34 ระดับเท่านั้น ยังผลให้เราแสดงผลภาพ 256 ระดับให้เห็นเพียง 64 ระดับเท่านั้น หากต้องการให้ เห็นจริงทั้ง 256 ระดับต้องแสดงใน true color mode แล้วให้ RGB มีค่าเท่ากัน ซึ่งโหมดนี้ใช้รีจิสเตอร์ 8 บิต สำหรับแม่สีแต่ละสี

เกรย์สเกล(gray scale)

เกรย์สเกล หมายถึง ความแตกต่างของระดับความเข้มแสง โดยเกรย์สเกลหนึ่งๆอาจแบ่งเป็น 13, 20, หรือ 9 ระดับ โดยระดับที่ว่านี้ก็คือ ระดับสีเทา ในภาพหนึ่งๆ ถ้าต้องการแบ่งระดับความเข้ม แสงหรือระดับสีเทาให้มีหลายๆ ค่า นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเพิ่มจำนวนบิต ที่แสดงค่าพิกเซล ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการภาพที่มีระดับสีเทา 4 ระดับต้องแทนด้วยเลขฐานสองจำนวน 2 บิต ถ้าต้องการ ภาพที่มีระดับสีเทา 16 ระดับ ต้องแทนด้วยเลขฐานสองจำนวน 4 บิต และถ้าต้องการภาพที่มีระดับสี เทา 256 ระดับต้องแทนด้วยเลขฐานสองจำนวน 8 บิตเป็นต้น

จำนวนระดับสีเทาที่ต้องการนี้ก็คือนับค่าเลขยกกำลัง 2 นั้นเอง ซึ่งค่าต่ำสุดหรือ 0 จะแทนสีดำ หรือไม่มีความสว่างเลย และค่าที่มากที่สุดก็คือน้อยกว่าจำนวนระดับสีเทาอยู่ 1 เช่น ค่า 15 ในระบบที่มี ระดับสีเทา 16 ระดับจะเป็นสีขาวหรือสว่างมากที่สุด เป็นต้น

ในยุคแรกๆ ระบบการมองเห็น(vision system) จะใช้ระบบเลขฐานสองเพราะสะดวกต่อการ นำเซ็นเซอร์มาใช้ นอกจากนี้การรวบรวมข้อมูล การเก็บรักษาข้อมูลยังสามารถทำได้ง่ายอีกด้วย

ในยุคปัจจุบัน ไมโคร โปรเซสเซอร์ที่ใช้กันโดยทั่วไป ขนาดเล็กที่สุดคือ 8 บิต ดังนั้นเกรย์ สเกลขนาด 8 , 16 และ 256 ค่า จึงไม่เป็นปัญหาในการประมวลผล

ความสามารถในการแบ่งแยกระดับความแตกต่างของสายตามนุษย์ โดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 10 ถึง 15 ระดับ ดังนั้นเกรย์สเกลขนาด 16 ระดับ จึงถือได้ว่าใกล้เคียงกับสายตามนุษย์หรืออาจจะเขี่ยค น้อยกว่าสายตามนุษย์บ้างเล็กน้อย(ในบางคน) ในขณะที่เกรย์สเกลขนาด 64 หรือ 256 นั้นละเอียดเกิน ไปสำหรับมนุษย์

ฮิสโตแกรม(histogram)

ฮิสโตแกรม คือ กราฟที่บอกให้ทราบถึงจำนวนของระดับสีเทาในภาพหนึ่งๆ โดยที่แกน X จะเป็นค่าของระดับสีเทา และแกน Y เป็นจำนวนพิกเซล ในฮิสโตแกรมหนึ่งๆจะประกอบไปด้วย

- 1.จำนวนพิกเซลทั้งหมดของภาพ
- 2.จำนวนพิกเซลในแต่ละค่าของระดับสีเทา
- 3.กราฟที่แสดงจำนวนในแต่ละค่าของระดับสีเทา

กราฟที่ใช้ในฮิสโตแกรมจะเป็นกราฟแท่ง ซึ่งไม่สามารถแสดงจำนวนพิกเซลในแต่ละค่าระดับสีเทาได้เป็นอย่างดี

รูปร่างหรือขนาดของฮิสโตแกรมจะเป็นข้อมูลที่แสดงคุณสมบัติของภาพว่า มีความคมชัด (contrast) มากหรือน้อยเพียงใด ซึ่งข้อมูลนี้ก็คือประโยชน์ของฮิสโตแกรมที่จะใช้ในการกำหนดค่าเทรชโฮล(threshold) ค่าเทรชโฮลนี้จะใช้ในการแปลงรูปภาพให้กลายเป็นภาพที่มีระดับความเข้ม 2 ระดับ คือขาวกับดำ หรือ “0” กับ “1” ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในเรื่องพิกเซลนั่นเอง

การสร้างฮิสโตแกรม

ต้องกำหนดก่อนว่าภาพที่จะนำมาสร้างฮิสโตแกรมนั้น จะแบ่งเป็นกี่พิกเซล สร้างพิกเซลเมตริกซ์จากพิกเซลเล็กๆ

1. นำค่าของพิกเซลในพิกเซลเมตริกซ์ที่ได้จากข้อ 2 มาสร้างตารางความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับสีเทากับจำนวนของพิกเซลในแต่ละค่าระดับสีเทาว่ามีกี่พิกเซล
2. นำค่าที่ได้จากตารางในข้อ 3 มาพล็อตเป็นกราฟแท่ง โดยแกนทางแนวนอนเป็นค่าระดับสีเทา และแกนทางแนวตั้งเป็นแกนของจำนวนพิกเซล และกราฟที่ได้คือ ฮิสโตแกรมนั่นเอง

2.2 ความหมายและนิยามของภาพในระบบดิจิทัล

ภาพ(Image) ในเชิงคณิตศาสตร์จะหมายถึง ฟังก์ชัน 2 มิติ $f(x,y)$ โดย x และ y เป็นแกนพิกัดในระนาบ 2 มิติ ค่าฟังก์ชัน $f(x,y)$ จะเป็นสัดส่วนกับความสว่างหรือความเข้มของภาพที่ตำแหน่ง x,y ซึ่งเราเรียกว่า ระดับสีเทา (Gray scale) ซึ่งปกติเราจะให้จุดกำเนิดของแกนพิกัด(Coordinate) อยู่ทางมุมซ้ายของภาพ ภาพ 2 มิติที่แทนด้วยฟังก์ชัน $f(x,y)$ โดย x และ y เป็นแกนในระนาบของภาพ ค่าของฟังก์ชันที่จุด (x,y) คือความเข้มแสงที่จุดนั้น เนื่องจากแสงเป็นพลังงานรูปหนึ่ง ดังนั้น $f(x,y)$ ต้องไม่เป็น ศูนย์ และมีค่า อนันต์(finite) นั่นคือ

$$0 < f(x,y) < a \quad (2.1)$$

โดยธรรมชาติของแสง ซึ่งจะต้องมีแหล่งกำเนิดแสงและส่วนที่สะท้อนของแสง ดังนั้นเราสามารถแยกฟังก์ชัน $f(x,y)$ ออกเป็น สองส่วนคือ อิลลูมินันซ์คอมโพเนนต์(illumination component) และ รีฟเลกแทนท์คอมโพเนนต์(reflectant component) จะได้ว่า

$$f(x,y) = i(x,y) * r(x,y) \quad (2.2)$$

เมื่อ

$$0 < i(x,y) < a \quad (2.3)$$

และ

$$0 < r(x,y) < 1 \quad (2.4)$$

สมการที่ 2.4 แสดงให้เห็นว่า ฟังก์ชันการสะท้อนถูกจำกัดขอบเขตระหว่าง 0 (ซึ่งหมายถึงการดูดซึมสมบูรณ์) และ 1 (ซึ่งหมายถึง การสะท้อนโดยสมบูรณ์) ธรรมชาติของ $i(x,y)$ ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดแสง ในขณะที่ $r(x,y)$ ขึ้นอยู่กับวัตถุที่สะท้อนแสงมาเข้าตา

ดังที่กล่าวมาแล้วว่า ความเข้มของภาพที่จุด (x,y) เราเรียกว่าระดับสีเทา(gray scale) i จาก สมการที่ 2.2 ถึง 2.4 จะเห็นว่า i อยู่ในช่วง

$$L_{min} < i < L_{max} \quad (2.5)$$

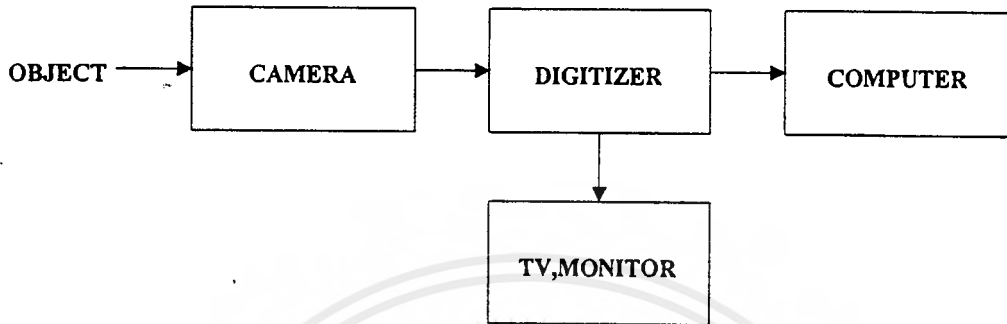
ในทางทฤษฎี L ต้องมีค่าเป็นบวก ในขณะที่ L ต้องมีค่าน้อยกว่าอนันต์ ในทางปฏิบัติ $L = L_r$ และ $L = L_r$ ช่วงของ (L,L) เราเรียกว่าช่วงของระดับสีเทา ในทางปฏิบัติโดยใช้หลักคณิตศาสตร์ เรานิยมปรับช่วง (L,L) ให้เป็นช่วง $(0,L)$ โดย $L = 0$ หมายถึง ดำสนิท และ $L = 1$ หมายถึงขาว

2.3 การแทนรูปภาพด้วยระบบดิจิทัล

ภาพดิจิทัล(digital image) เป็นภาพที่ถูกแปลงมาจากภาพอนาลอกอยู่ในรูปตัวเลขโดยภาพอนาลอกถูกแบ่งเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็กๆ ที่เรียกว่าพิกเซล ในแต่ละพิกเซลจะถูกระบุตำแหน่งโดย (x,y) และค่าระดับสีเทาของพิกเซล

2.4 ระบบการประมวลผลทางดิจิทัล

ระบบการประมวลผลทางดิจิทัลประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนแปลงสัญญาณอนาล็อก ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งเรียกว่าดิจิติเซอร์(Digitizer) ส่วนประมวลผล(Processing)และส่วนแสดงผล(Display)ดังรูป



รูปที่ 2.1 ระบบการประมวลผลทางดิจิทัล

จากรูปที่ 2.1 ส่วนแรกคือ ส่วนที่เปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล กล้อง (camera) เปรียบเสมือนดวงตามนุษย์ ทำหน้าที่เปลี่ยนภาพวัตถุมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าและส่งให้ดิจิติเซอร์ ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ ไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณดิจิทัล อุปกรณ์ส่วนนี้ได้แก่ กล้องโทรทัศน์ดิจิติเซอร์ ซึ่งในภาพประกอบด้วยหลอดที่ทำหน้าที่เป็นสื่อไฟฟ้าทางแสง ภาพถูกโฟกัสลงบนผิวของหลอด และถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่สอดคล้องกับความสว่างของภาพในตำแหน่งนั้นๆ จากนั้น ทำการควอนไทซิง(quantizing) ข้อมูลภาพที่ได้เป็นสัญญาณดิจิทัล

ส่วนประมวลผล คือ คอมพิวเตอร์ ซึ่งเปรียบเสมือนสมอง ทำหน้าที่ประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลภาพ

ส่วนแสดงผล ทำหน้าที่เปลี่ยนข้อมูลตัวเลข(ซึ่งเป็นระดับสีเทา) ที่เก็บเป็นอะเรย์(array)ในคอมพิวเตอร์ ให้อยู่ในรูปที่เหมาะสม และสื่อความหมายกับมนุษย์ได้ คือเป็นภาพที่ปกติทั่วไป อุปกรณ์ในส่วนนี้ได้แก่ จอ(monitor) ทีวี เครื่องพิมพ์ติดที่สามารถแสดงผลในรูปกราฟฟิกส์ได้

ภาพ 1 ภาพที่ถูกเปลี่ยนจากสัญญาณ สำหรับคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นอยู่กับความละเอียดของภาพที่ต้องการ และจะมีผลทำให้ใช้เนื้อที่ในหน่วยความจำมากในการเก็บข้อมูลภาพ 1 ภาพ เช่น การเก็บภาพขนาด 256*256จุด ที่มีความแตกต่างของระดับความเข้มของแต่ละจุดเท่ากับ 256 ระดับ จะต้องใช้เนื้อที่ในหน่วยความจำถึง 64,000 ไบท์ ในการเก็บภาพนี้ ดังนั้นในปัจจุบันได้มีการวิจัยหาวิธีที่จะเก็บภาพด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้เนื้อที่หน่วยความจำให้น้อยที่สุดและยังคงรักษาความละเอียดของภาพตามการใช้งานได้อีกด้วย

2.5 การสุ่มแบบสม่ำเสมอและควอนไทเซชัน (Uniform sampling and Quantization)

เพื่อที่จะประมวลผลสัญญาณภาพด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ฟังก์ชันของภาพ $f(x,y)$ จะถูกทำให้เป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่อง ทั้งระนาบของภาพ ซึ่งเราเรียกว่า การสุ่มภาพ (Image sampling) ของฟังก์ชันที่ได้เรียกว่า การควอนไทเซชันระดับสีเทา (gray level quantization)

สมมติว่าสัญญาณภาพต่อเนื่อง $f(x,y)$ ถูกดิจิไทซ์ ในระนาบ $X-Y$ เป็นช่วงเท่าๆกัน เราสามารถจัด $f(x,y)$ ให้อยู่รูปเมตริกซ์ขนาด $N \times N$ ได้ดังสมการ

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

ทางขวามือของสมการ จะเรียกว่า ภาพดิจิตอล และทุกๆสมาชิกของเมตริกซ์จะเรียกว่า พิกเซล จากขบวนการสร้างภาพดิจิตอลข้างต้น จะเห็นว่าเราต้องทราบขนาดความละเอียดของภาพ $N \times N$ พิกเซล และจำนวนระดับ Gray level ในทางปฏิบัติการทำควอนไทเซชันในระบบดิจิตอลจะเป็นค่าของ 2 ยกกำลังจำนวนเต็ม

$$N = 2^n \quad (2.7)$$

$$G = 2^m \quad (2.8)$$

เมื่อ G คือจำนวนระดับ Gray level ดังนั้นจำนวนบิต (bit) ที่ใช้ในการเก็บภาพหนึ่งที่ถูกดิจิไทซ์ คือ

$$B = N \times N \times m \quad \text{บิต} \quad (2.9)$$

2.6 เทคนิคต่างๆในการประมวลผลภาพ

เทคนิคต่างๆ สำหรับการประมวลผลภาพ แบ่งเป็น 4 พวกใหญ่ๆ คือ

- 1.อิมเมจดิจิตไลเซชัน(image digitization)
- 2.อิมเมจแอนฮานซ์เมนต์และรีจิสเตอรเรชัน(image enhancement and restoration)
- 3.อิมเมจเอ็นโค้ดดิ้ง(image encoding)
- 4.อิมเมจรีคอนสตรัคชัน(image reconstruction)



บทที่ 3

Image processing

3.1 ความหมายของ Image processing

Image processing เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การประมวลผลภาพ หมายถึง การใช้ขั้นตอน หรือกรรมวิธีใดๆ มากระทำกับภาพ โดยมีวัตถุประสงค์ให้ได้ภาพใหม่ที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ เช่น ความคมชัด หรือ การประหยัดพื้นที่ในการเก็บข้อมูล ดังนั้นรายงานเล่มนี้จะเรียก image processing ใหม่ว่ากระบวนการประมวลผลภาพ ซึ่งมีเนื้อหากว้างมากในการที่จะศึกษา

3.2 กระบวนการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพแบ่งได้เป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือ

3.2.1 กระบวนการในโดเมนความถี่(frequency domain)

กระบวนการในโดเมนความถี่เป็นการแปลงฟูเรียร์ มาประยุกต์ใช้โดยมีขั้นตอน 3 ขั้นตอนดังนี้

- ก. การนำภาพมาหาผลการแปลงฟูเรียร์
- ข. นำผลการแปลงฟูเรียร์ มาผ่านขั้นตอนการปรับปรุงภาพ
- ค. การแปลงฟูเรียร์กลับ

3.2.2 กระบวนการในสเปเชียลโดเมน(Spatial domain)

จุดหลักของวิธีการอยู่ที่เราจะปรับปรุงภาพหรือกระทำโดยตรงกับจุดภาพ โดยที่ฟังก์ชันในการปรับปรุงภาพในวิธีนี้สามารถสเปเชียลโดเมน หมายถึง ตัวระนาบภาพ(image plane) กระบวนการในสเปเชียลโดเมนจึงเป็นกระบวนการที่กระทำกับจุดของภาพโดยตรง อย่างเช่น ตัวอย่างของกระบวนการในสเปเชียลโดเมนที่เลือกใช้ได้แก่ฮิสโตแกรมอิควอลไลเซชัน(Histogram Equalization), การบีบอัดไดนามิกเรนจ์(Dynamic range compression), การแปลงระดับสีเทา(Gray scaling) ซึ่งเราสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้

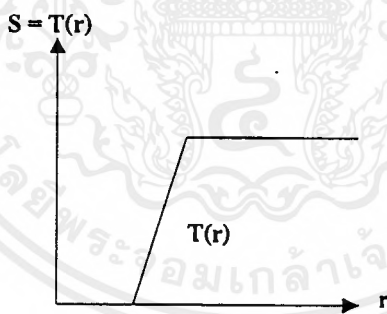
$$g(i,j) = T\{f(i,j)\} \quad (3.1)$$

ซึ่ง (i,j) ที่นำมาใช้ได้ประมวลผล $g(i,j)$ คือภาพที่ประมวลผลแล้วและ T คือ ตัวปฏิบัติการ (operator) บน f ที่กำหนดในบริเวณตำแหน่ง (i,j) จะเห็นว่าทำวิธีการสเปเชียล โดเมนนี้จะง่ายในการออกแบบเขียน โปรแกรมหรือศึกษาอัลกอริทึมเนื่องจากหากเราทราบความกว้างและความยาวของภาพโดยกำหนดเป็นจำนวนจุดภาพออกมาแล้วทำการมองภาพนั้นให้เป็นเมตริกซ์ตัวหนึ่งเราก็สามารถจะใช้ตัวปฏิบัติการ ไปกระทำกับจุดภาพได้ตามต้องการทางคณิตศาสตร์สำหรับวิธีการทางสเปเชียล โดเมนนี้ได้แบ่งเป็นสองกรณี

3.2.2.1 ตัวปฏิบัติการกระทำต่อจุดภาพเพียงจุดเดียวต่อหนึ่งครั้ง หมายถึงว่า เมื่อตัวปฏิบัติการกระทำกับเมตริกซ์ของภาพแล้ว $g(i,j)$ ที่ได้ออกมาจะขึ้นอยู่กับค่าของ $f(i,j)$ ตัวเดียวเท่านั้นและตัวปฏิบัติการจะกลายเป็นฟังก์ชันการแปลง (Transfer Function) หรือฟังก์ชันการแมป (Mapping Function) ซึ่งอยู่ในรูป

$$S = T(r) \quad (3.2)$$

เมื่อ r และ s คือตัวแปรที่แทนค่าระดับสีเทาของ $f(i,j)$ และ $g(i,j)$ ที่จุด i,j เช่น ตัวอย่างในรูปที่ 3.1 ซึ่งเมื่อเราใช้ฟังก์ชันการแมปเป็นดังรูปจะทำให้ให้ค่าระดับสีเทาในช่วงที่ค่าระดับสีเทาสูงเกินกว่าระดับ B และสูงกว่าถูกบีบให้อยู่ในช่วงแคบๆของของ s และจะมีการกระจายค่าระดับสีเทาสูงกว่าระดับ B วิธีการนี้เป็นการปรับปรุงระดับค่าสีเทา โดยรวมของภาพเพื่อให้สามารถมองเห็นภาพได้ดีขึ้น



รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของฟังก์ชันการแปลงค่าระดับสีเทาโดยกระทำกับจุดๆเดียวในหนึ่งครั้ง

3.2.2.2 ตัวปฏิบัติการกระทำกับจุดภาพที่อยู่บริเวณรอบๆกับจุดที่กำลังกระทำอยู่ หมายถึงเมื่อเราต้องการจะให้ตัวปฏิบัติการกระทำกับจุดใดๆแล้วนั้นตัวปฏิบัติการจะต้องนำเอาค่าข้างเคียงของจุดนั้นมาคำนวณด้วยเสมอเราเรียกการทำงานแบบนี้ว่าการทำงานที่ต้องใช้จุดข้างเคียง (Neighborhood operation) ซึ่งการปฏิบัติการอย่างนี้เรามักจะใช้วิธีคอนโวลูชัน (Convolution) โดยที่การทำคอนโวลูชันนี้จะเป็นการคำนวณผลบวกของผลคูณ (Sum of product) รูปที่ 3.1 แสดงหน้ากากของคอนโวลูชัน

$$M = \begin{bmatrix} m(-1,-1) & m(0,-1) & m(1,-1) \\ m(-1,0) & m(0,0) & m(1,0) \\ m(-1,1) & m(0,1) & m(1,1) \end{bmatrix}$$

รูปที่ 3.2 แสดงหน้ากากคอนโวลูชันขนาด 3x3

$$F = \begin{bmatrix} F(I-1,J-1) & F(I,J-1) & F(I,J+1) \\ F(I-1,J) & F(I,J) & F(I+1,J) \\ F(I-1,J+1) & F(I,J+1) & F(I+1,J+1) \end{bmatrix}$$

รูปที่ 3.3 แสดงจุดข้างเคียงต่างๆในบริเวณเมตริกซ์ขนาด 3x3 ของภาพต้นแบบ

ตัวชี้หน้ากากจะมีหน้าจุดเริ่มต้นที่จุดศูนย์กลางโดยเริ่มที่มุมบนด้านซ้ายของภาพสามารถเขียนสมการคอนโวลูชันได้ดังนี้

$$C(I,J) = \sum_{k=1}^{i+1} \sum_{l=1}^{j+1} F(k,l)M(I-k, J-l) \quad (3.3)$$

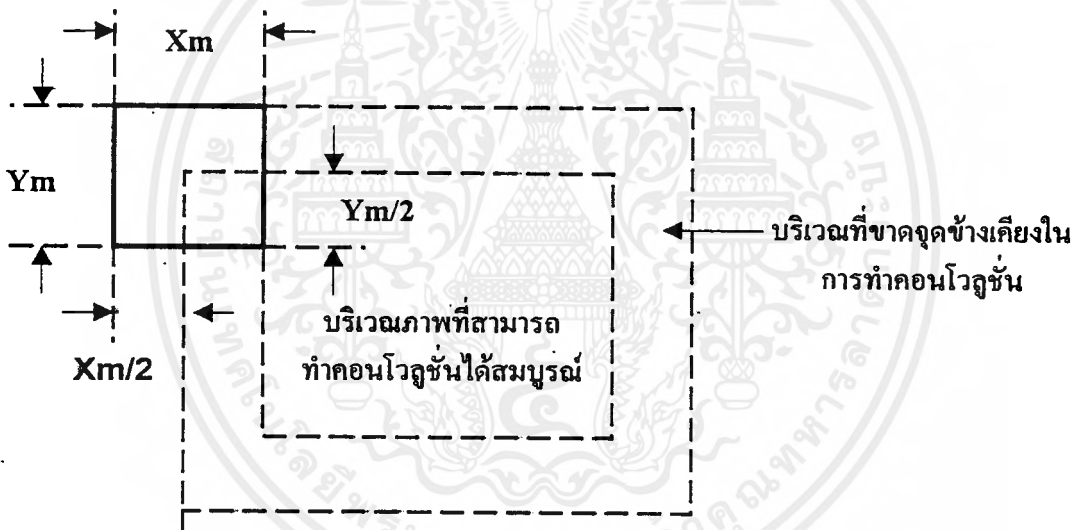
แต่จะจุดภาพจะเป็นการวนเอามาจากจุดรอบข้างและคูณด้วยค่าที่ตรงตำแหน่งเดียวกันกับหน้ากากนำผลคูณของแต่ละตัวนั้นรวมกันก็จะได้ค่าจุดภาพผลลัพธ์ซึ่งการคำนวณที่ทำนั้นสามารถกระจายแสดงออกมาได้ดังนี้

$$C(i,j) = F(i-1,j-1)M(1,1)+F(i,j-1)M(0,1)+F(i+1,j+1)M(-1,1)+F(i-1,j)M(1,0)+ \\ F(I,j)M(0,0)+F(I+1)M(-1,0)+F(I-1,j+1)M(1,-1)+F(I,j+1)M(0,-1)+F(I+1,j+1)M(-1,1) \quad (3.4)$$

จากสมการเราพบว่ามีการจัดเรียงเทอมต่างๆโดยลำดับในหน้ากากมีการจัดเรียงลำดับจากซ้ายมาลงไปยังล่างขวาและตำแหน่งที่ตรงกันในหน้ากากจะมีลำดับตรงข้ามกันคือเริ่มจากล่างขวาขึ้นไปถึงมุมบนซ้ายสำหรับขนาดของหน้ากากนั้นจะทำได้และไม่จำเป็นต้องมีสมาชิกแนวตั้งเท่ากับแนวนอนเสมอไปแต่โดยทั่วไปแล้วการประยุกต์ที่ใช้กันอยู่จะใช้หน้ากากที่มีสมาชิกแนวตั้งเท่ากับแนวนอนเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมาชิกแนวนอนมีจำนวนคงที่และมักเป็นจำนวนเลขคู่เพื่อที่จะให้สามารถได้จุดศูนย์กลางของหน้า
กากเป็นจุดศูนย์กลางได้

ปัญหาอีกอย่างหนึ่งที่เราพบในการทำคอนโวลูชันภาพคือการขาดจุดข้างเคียงในบริเวณของ
การทำคอนโวลูชันในบริเวณขอบรอบนอกกรอบภาพหมายถึงการที่เราจะใช้หน้ากากคอนโวลูชันมา
ทำการคอนโวลูชันบริเวณขอบภาพซึ่งไม่สามารถทำได้เนื่องจากการคำนวณจะขาดจุดภาพบริเวณ
ภายนอกอาณาบริเวณของภาพดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยทั่วไปแล้ววิธีการแก้ปัญหาเรื่องนี้มักจะใช้วิธีการ
กำหนดจุดในบริเวณกรอบภาพทั้งสี่ด้านให้เป็นค่าเดิมหรือแล้วแต่กรณี ความกว้างของแถบด้านบน
และด้านล่างของภาพมีค่าเท่ากับ $(Y_m-1)/2$ และข้างซ้ายและขวาเท่ากับ $(X_m-1)/2$ เมื่อ X_m คือความ
กว้างของหน้ากาก และ Y_m คือความสูงของหน้ากาก ตัวอย่างเช่น หน้ากากขนาด 3×3 จะมีแถบกว้าง 1
จุดภาพซึ่งไม่สามารถคำนวณได้รอบๆภาพ



รูปที่ 3.5 การขาดจุดข้างเคียงในบริเวณของการทำคอนโวลูชันในบริเวณกรอบภาพ

ในการใช้งานจะต้องรู้ว่าจะนำภาพที่ได้จากการประมวลแล้วไปทำอะไรต่อไป เพราะอาจเป็น
ไปได้ที่ภาพผลลัพธ์อาจมีขนาดเล็กกว่าต้นแบบ บางระบบต้องการคำนวณที่ถูกต้องอย่างสมบูรณ์แบบ
อย่างแท้จริงโดยการนำข้อมูลในบริเวณอื่นๆ มาใช้แทนบริเวณ ไรต์และคอลัมน์ของจุดภาพที่เลขออก
จากต้นแบบไปวิธีการหนึ่งนั้นทำได้โดย การใช้ไรต์ทางด้านล่างของภาพมาใช้เป็นข้อมูลที่ต้องการ
ของการคำนวณทางด้านบน และในทำนองเดียวกันที่ใช้ไรต์ทางด้านบนมาใช้เป็นข้อมูลที่ต้องการ
คำนวณของการคำนวณด้านล่างในลักษณะที่คล้ายกันโดยนำคอลัมน์ทางขวาของภาพมาใช้เป็นข้อมูล
ในการคำนวณของคอลัมน์ทางด้านซ้ายของภาพนำมาเป็นข้อมูลของที่ต้องการคำนวณทางด้านขวา

เช่นกัน ถึงแม้ว่าวิธีนี้จะเป็นการไม่เหมาะก็สมนัยก็ตาม แต่ผลลัพธ์ที่ได้ก็ให้ภาพผลลัพธ์มีขนาดเท่ากับ
 ดันแบบ เนื่องจากการทำคอนโวลูชันนี้ค่อนข้างที่จะใช้การคำนวณมากครั้ง เช่นหากเป็นหน้ากาก
 ขนาด 3×3 ในการที่จะได้ผลลัพธ์ 1 จุดภาพต้องมีกาคูณ 9 ครั้ง การบวก 9 และการหารอีก ครั้ง และ
 หากเรามีการใช้ขนาดของหน้ากากที่ใหญ่ขึ้นก็ย่อมต้องใช้การคำนวณมากครั้งขึ้นเราจึงต้องพยายามใช้
 ขนาดหน้ากากที่เล็กที่สุดเท่าที่จะทำได้ในการทำคอนโวลูชัน



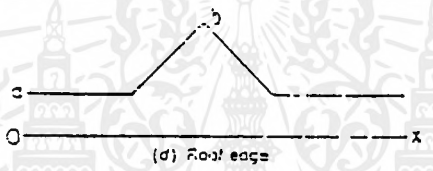
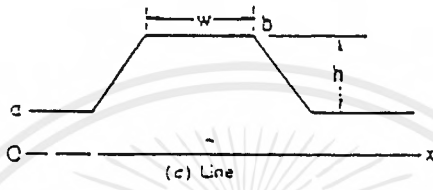
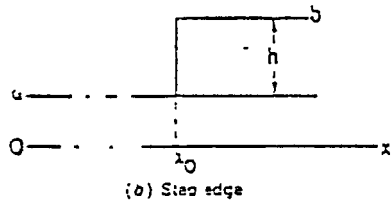
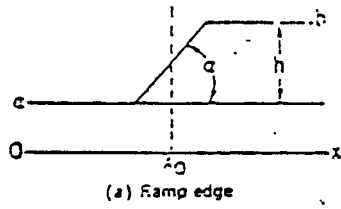
บทที่ 4

การหาขอบภาพ

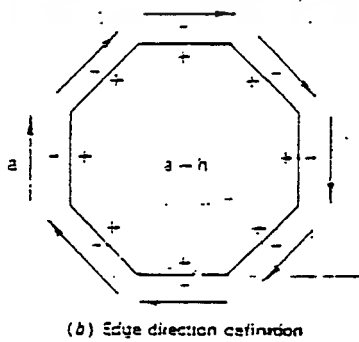
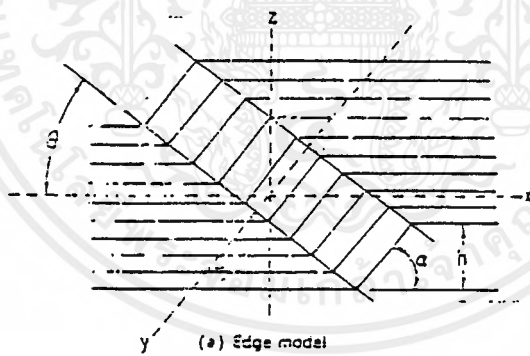
ขบวนการหรือขั้นตอนที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของการประมวลผลภาพคือการหาขอบภาพเพื่อนำมาปรับปรุงภาพ ซึ่งคำว่าขอบในที่นี้จะหมายถึงจุดที่มีระดับความเข้ม(gray level)เปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด และจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงนี้จะกลายเป็นกรอบของรายละเอียดในส่วนต่างๆของภาพซึ่งขอบที่กล่าวมานี้สามารถเกิดขึ้นได้ทุกทิศทางและอาจมีความเข้มไม่เท่ากันก็ได้ ส่วนที่เป็นขอบนี้จะแสดงสเปกตรัมที่ความถี่สูงเท่านั้น

4.1 รูปแบบของขอบภาพ

ในรูปที่ 4.1 (a) แสดงรูปร่างของขอบในหนึ่งมิติซึ่งแสดงอยู่ในขอบเขตที่ต่อเนื่อง(continuous domain) โดยขอบที่มีลักษณะดังรูปนี้จะเรียกว่า แรมป์(ramp) ซึ่งค่าของมันจะเพิ่มขึ้นตามระดับแอมพลิจูดของภาพจากต่ำไปสูง สิ่งที่สามารถบ่งบอกลักษณะของขอบคือ ความสูง ความชัน(slop) มุม(angle) และพิกัดในแนวนอน ณ จุดกึ่งกลางของความชัน ถ้าหากค่าของความชันของมุมมีค่าเท่ากับ 90 องศาจะเรียกขอบชนิดนี้ว่า ขอบแบบขั้นบันได(step edge) แสดงได้ดังรูปที่ 4.1(b) ซึ่งในระบบดิจิทัลจะนำขอบแบบขั้นบันไดไปใช้ในการสร้างภาพอิมเมจ ชนิดที่เรียกว่ามนุษย์เป็นผู้สร้างขึ้น(artificial image) ตัวอย่างเช่น แบบการทดสอบ(test pattern)และข้อมูลในทางกราฟฟิค(bi level graphic data) และในขอบเขตที่มีความต่อเนื่องนี้รูปแบบของภาพในระบบสองมิติจะถือว่าแอมพลิจูดที่มีลักษณะไม่ต่อเนื่องนั้นเป็นค่าคงที่ในจุดข้างเคียงทั้งแปดจุด(neighborhood orthogonal) ในรูปที่ 4.2(a)แสดงรูปร่างของขอบภาพในระบบสองมิติ นอกเหนือจากพารามิเตอร์ในระบบหนึ่งมิติแล้วในระบบสองมิตินี้ยังประกอบด้วยสิ่งที่สำคัญ คือ ความชันของขอบที่มีความสัมพันธ์กับแนวแกนในรูปที่ 4.2 (b) แสดงทางเดินของขอบของวัตถุที่มีรูปร่างแปดเหลี่ยมที่มีค่าแอมพลิจูดสูงกว่าบริเวณที่เป็นพื้น(background) และในรูปที่ 4.3 แสดงลักษณะของขอบที่มีรูปแบบเป็นแรมป์และยูนิต(umit) ในขอบเขตที่ไม่ต่อเนื่องจากรูปจะพบว่ารูปแบบของขอบแบบแรมป์ในแนวตั้งจะประกอบด้วยพิกเซลที่มีค่าเดียวกันซึ่งค่าแอมพลิจูดของมันมีค่าเท่ากับค่ากลางโดยเฉลี่ยของจุดข้างเคียง จากรูปที่แสดงให้เห็นจะมีขอบแบบแรมป์ที่อยู่ในแนวทแยงอยู่ 2 แบบ คือ ซิงเกิลพิกเซลทรานซิชัน(single pixel transition) ซึ่งจุดที่เป็นขอบจะมีขอบเขตอยู่ระหว่างแอมพลิจูดสูงกับแอมพลิจูดต่ำและอีกแบบหนึ่งเรียกว่า สมูททรานซิชัน(smoothed transition) ซึ่งวิธีการหาขอบจะหาจากการหาค่าเฉลี่ยใน 2×2 จุดจากทุกๆจุดของขอบในแนวทแยง



รูปที่ 4.1 แสดงรูปแบบของขอบใน 1 มิติ



รูปที่ 4.2 แสดงรูปแบบของขอบใน 2 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a a a a a b b b b b	a a a b b b b b b b	a a a a a a a a a a
a a a a a b b b b b	a a a a b b b b b b	a a a a a a a a a a
a a a a a b b b b b	a a a a a b b b b b	a a a a a b b b b b
a a a a a b b b b b	a a a a a a b b b b	a a a a a b b b b b
a a a a a b b b b b	a a a a a a a b b b	a a a a a b b b b b

Vertical step edge

Diagonal step edge

Corner step edge

a a a a c b b b b b	a a c b b b b b b b	a a a a a a a a a a
a a a a c b b b b b	a a a c b b b b b b	a a a a c c c c c c
a a a a c b b b b b	a a a a c b b b b b	a a a a c b b b b b
a a a a c b b b b b	a a a a a c b b b b	a a a a c b b b b b
a a a a c b b b b b	a a a a a a c b b b	a a a a c b b b b b

Vertical ramp edge

Diagonal ramp edge

Corner step edge

SINGLE PIXEL TRANSITION

a a a a c b b b b b	a a d e b b b b b b	a a a a a a a a a a
a a a a c b b b b b	a a a d e b b b b b	a a a a d c c c c c
a a a a c b b b b b	a a a a d e b b b b	a a a a c b b b b b
a a a a c b b b b b	a a a a a d e b b b	a a a a c b b b b b
a a a a c b b b b b	a a a a a a d e b b	a a a a c b b b b b

Vertical ramp edge

Diagonal ramp edge

Corner step edge

SMOOTHED TRANSITION

รูปที่ 4.3 แสดงรูปแบบของขอบในระบบ 2 มิติ ซึ่งอยู่ในขอบเขตที่ไม่ต่อเนื่อง

ในรูปที่ 4.3 นี้จะพบว่าสำหรับขอบแบบขั้นบันได(discrete step edge) และขอบแบบคอนเนอร์เรมปี(corner ramp edge) ตำแหน่งของขอบอยู่ที่แอมพลิจูดสูงกว่ารอบข้าง สำหรับขอบแบบซิงเกิลพิกเซลทรานซิชันตำแหน่งที่เหมาะสมของขอบจะอยู่ตรงจุดที่อยู่ในแนวที่มีการเปลี่ยนแปลงและในขอบแนวทแยงจะมี 2 จุดที่อยู่ใกล้กันในทิศทางเดินของขอบภาพ ดังนั้นตำแหน่งของขอบที่แท้จริงจะอยู่ตรงจุดที่มีแอมพลิจูดสูงกว่าอีกจุดหนึ่งในระหว่างจุดคู่นั้น และในรูปที่ 4.3 นี้จุดที่เป็นตำแหน่งของขอบภาพจะพิพธ์เป็นตัวเอียง

4.2 การหาขอบภาพ(Edge Detection)

วิธีการเบื้องต้นที่ใช้สำหรับการหาขอบภาพในลำดับแรก(First order Derivative Detection) มีอยู่ 2 วิธีด้วยกัน คือ วิธีการหาเกรเดียนท์(gradient) ในทิศทางมุมฉากคือตามแนวนอนและแนวตั้ง และอีกวิธีคือเราจะทำการหาเกรเดียนท์ในหลายๆทิศทาง

4.2.1 การสร้างเกรเดียนท์มุมฉาก(Orthogonal Gradient Generation)

ถ้ากำหนดให้ $G(x,y)$ คือเกรเดียนท์ใน 1 มิติ และ θ คือมุมที่พิจารณาโดยเทียบกับแนวระดับ ดังนั้นจะทำการคำนวณหาเกรเดียนท์สำหรับขอบภาพจาก

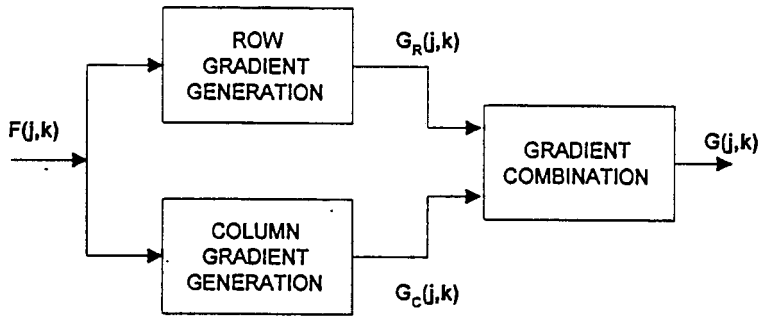
$$G(x,y) = \frac{\partial F(x,y)}{\partial x} \cos \theta + \frac{\partial F(x,y)}{\partial y} \sin \theta \quad (4.1)$$

ในรูปที่ 4.4 แสดงการสร้างเกรเดียนท์ของขอบภาพ $[G(j,k)]$ ในขอบเขตที่ไม่ต่อเนื่อง โดยจะแยกเป็นเกรเดียนท์ของแถว (row edge gradient) $[Gr(j,k)]$ และเกรเดียนท์ของหลัก (colomn edge gradient) $[Gc(j,k)]$ และค่าแอมพลิจูดของเกรเดียนท์ ซึ่งหมายถึงความเข้มของภาพที่แสดงได้ดังนี้

$$G(j,k) = \{[Gr(j,k)] + [Gc(j,k)]\}^{1/2} \quad (4.2)$$

การคำนวณค่าเกรเดียนท์บางครั้งอาจประมาณค่าจาก

$$G(j,k) = |Gr(j,k)| + |Gc(j,k)| \quad (4.3)$$



รูปที่ 4.4 แสดงการหาเกรเดียนท์มุมฉาก

และทิศทางของเกรเดียนท์ตามแนวนอนคือ

$$\theta(j,k) = \tan^{-1} \{ G_c(j,k) / G_r(j,k) \} \quad (4.4)$$

ซึ่งวิธีการที่ง่ายที่สุดสำหรับการสร้างเกรเดียนท์ คือ การหาค่าความแตกต่างของความเข้มในแต่ละจุดตามแนวแกนอน(row) และตามแนวแกนตั้ง(column) ซึ่งเกรเดียนท์ตามแนวแกนอนหาได้จาก

$$G_r(j,k) = F(j,k) - F(j,k-1) \quad (4.5a)$$

และเกรเดียนท์ในแนวแกนตั้งจากหาได้จาก

$$G_c(j,k) = F(j,k) - F(j+1,k) \quad (4.5b)$$

โดยเกรเดียนท์นี้จะนำมาใช้หาขอบภาพก็คือเมื่อ G_c และ G_r มีค่าเป็นบวกจากซ้ายไปขวาหรือจากล่างขึ้นบนของภาพอิมเมจ

ตัวอย่างเช่นจะหาค่าผลต่างความเข้ม โดยใช้เกรเดียนท์ตามแนวแกนอนของรูปที่ 4.3 เป็นขอบของภาพแบบแรมปีในแนวตั้ง(vertical ramp edge model) ได้ดังนี้

$$0 \ 0 \ 0 \ 0 \ h \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$$

โดยที่ $h = b - a$ ซึ่งก็หมายถึง ความสูงของขั้นบันไดและเกรเดียนท์ตามแนวแกนอนของขอบภาพแบบแรมปีในแนวตั้งคือ

$$0 \ 0 \ 0 \ 0 \ h/2 \ h/2 \ 0 \ 0 \ 0$$

จากค่าข้างบนนี้จะมีค่าเท่ากันอยู่หนึ่งคู่

โอเปอเรเตอร์ชนิดนี้จะใช้เทมเพลต(template) ที่มีขนาด 3x3 ในการหาเกรเดียนท์
โอเปอเรเตอร์ ถ้าสมมติให้แต่ละจุดมีการเรียงลำดับที่ 4.5 ดังนั้นเกรเดียนท์ของขอบคือ

$$G(j,k) = \{ [Gr(j,k)]^2 + [Gc(j,k)]^2 \}^{1/2} \quad (4.8a)$$

โดยที่

$$Gr(j,k) = 1/(k+2) [(A2+KA3+A4) - (A0+KA7+A6)] \quad (4.8b)$$

$$Gc(j,k) = 1/(K+2) [(A0+KA1+A2) - (A6+KA5+A4)] \quad (4.8c)$$

การหาโอเปอเรเตอร์แบบพรีวิทค่า K ที่นำมาใช้มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อแทนค่าลงไปในสูตรข้าง
ต้นของเกรเดียนท์ในแนวนอนและแนวตั้ง สุดท้ายจะได้ยูนิทเกน(unit gain) ที่มีค่าเป็นบวกและลบ
ของค่าเฉลี่ยความเข้มเพื่อหาตำแหน่งของภาพ

4.2.4 โซเบลโอเปอเรเตอร์(Sobel operator)

การหาขอบภาพแบบโซเบลนี้จะแตกต่างจากแบบพรีวิทตรงที่ค่าความเข้มของภาพในทิศ
เหนือ, ใต้, ตะวันออก, ตะวันตก จะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกเท่าตัวในที่นี้คือค่า K ในสมการที่ (7.8b) และ (7.8c)
มีค่าเท่ากับ 2 ดังนั้นค่าน้ำหนัก(weight) ที่เปลี่ยนแปลงไปแต่ละจุดคือตัวที่แสดงการกระจายของเกร
เดียนท์

พรีวิทโอเปอเรเตอร์จะใช้สำหรับการหาขอบภาพในแนวตั้งและแนวนอนได้ดีกว่า
โอเปอเรเตอร์แบบโซเบล แต่โซเบล โอเปอเรเตอร์จะใช้ในการหาขอบภาพในทิศทางแนวทแยงได้ดี
การใช้โอเปอเรเตอร์แบบพรีวิท และ โซเบล จะทำให้ได้ขอบภาพของวัตถุที่มีความชัดเจนกว่าการใช้
โรเบิร์ต โอเปอเรเตอร์ ทั้งนี้เพราะว่ามีขนาดของ โอเปอเรเตอร์ที่ใหญ่กว่าทำให้การเฉลี่ยค่าความเข้มใน
ส่วนที่มีความสว่างน้อยได้ดีเกรเดียนท์ในแนวนอนและแนวตั้งของดีเทคเตอร์(detector) ชนิดต่างๆที่
กล่าวมาข้างต้นจะประกอบด้วยการนำความเข้มรอบๆจุดที่ต้องการหาค่ามารวมกัน ดังนั้นเกรเดียนท์
ในแนวนอนและแนวตั้งจะคำนวณจากความสัมพันธ์ดังนี้คือ

$$Gr(j,k) = F(j,k) * Hr(j,k) \quad (4.9a)$$

$$Gc(j,k) = F(j,k) * Hc(j,k) \quad (4.9b)$$

โดยที่ $H_r(j,k)$ คือ อิมพัลส์เรสปอนส์ในแนวแกนอน
และ $H_c(j,k)$ คืออิมพัลส์เรสปอนส์ในแนวแกนตั้ง

โอเปอเรเตอร์ที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดนี้มีข้อจำกัดตรงที่จะไม่สามารถ หาขอบภาพได้ถูกต้องแม่นยำ
ในสภาพที่มีการรบกวนสูง(noise) ซึ่งปัญหานี้อาจแก้ได้โดยการใช้โอเปอเรเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น



บทที่ 5

การคำนวณหาจุดเด่นของเส้นขอบภาพ

ในกระบวนการประมวลผลการจดจำภาพวัตถุ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องลดปริมาณข้อมูลที่ไม่สำคัญของภาพลง เพื่อให้สามารถประมวลผลได้เร็วขึ้น ใช้พื้นที่หน่วยความจำน้อยลง และที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ให้ง่ายต่อการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการสร้างโปรแกรม

การประมวลหาเส้นขอบภาพ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการลดปริมาณข้อมูลที่ไม่สำคัญออกไป เพื่อให้เหลือแต่ข้อมูลที่สำคัญที่จะใช้ในการวิเคราะห์ เส้นขอบภาพที่ได้นั้น จะเป็นลักษณะเฉพาะของภาพวัตถุนั้นๆ และภายในเส้นขอบภาพก็จะประกอบไปด้วยส่วนเว้าและส่วนโค้งต่างๆ ซึ่งก็เป็นลักษณะเฉพาะตัวของเส้นขอบภาพนั้นๆ อีกเช่นกัน ลักษณะเฉพาะตัวเหล่านี้เกิดขึ้นบนเส้นขอบภาพ จะเรียกว่า “จุดเด่น” หรือ “ลักษณะเด่น”

ดังนั้นความหมายของคำว่า “จุดเด่น” จึงหมายถึง จุดที่มีค่าความโค้งสูงที่ปรากฏบนเส้นขอบภาพของวัตถุ ซึ่งจะปรากฏในตำแหน่งของเส้นขอบภาพที่เป็นส่วนโค้งและส่วนเว้าเท่านั้น จุดเด่นของเส้นขอบภาพจึงเป็นคุณลักษณะเฉพาะตัวของวัตถุนั้นๆ ได้ และถูกนำมาใช้เป็นคุณสมบัติในการประมวลผลการจดจำภาพวัตถุ ซึ่งวิธีการคำนวณหาจุดเด่นของภาพเป็นไปตามขั้นตอน

5.1 ตัวกรองเกาส์เซียน

1 คุณสมบัติของตัวกรองเกาส์เซียน

สมการของตัวกรองเกาส์เซียนถูกนิยามไว้ดังนี้

$$g(t, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad (5.1)$$

เมื่อ σ คือค่า สเกล-สเปซของตัวกรองเกาส์เซียน หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

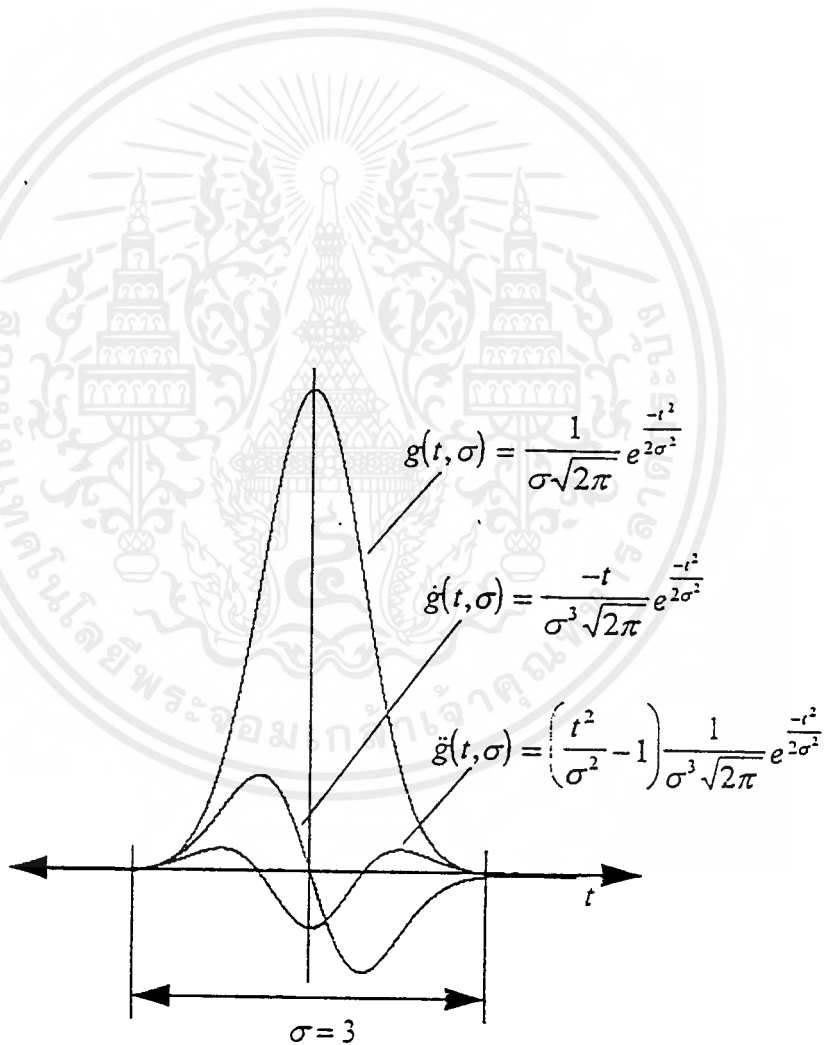
t คือ ตัวแปรอิสระ

ส่วนอนุพันธ์ย่อยอันดับที่หนึ่งและอันดับที่สอง สามารถหาได้จากสมการที่ (5.2) และ (5.3) ตามลำดับ และเส้นกราฟสมการที่ (5.1), (5.2) และ (5.3) แสดงดังในภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\dot{g}(t, \sigma) = \frac{\partial g(t, \sigma)}{\partial t} = \frac{-t^2}{\sigma^3 \sqrt{2\pi}} e^{\frac{-t^2}{2\sigma^2}} \quad (5.2)$$

$$\ddot{g}(t, \sigma) = \left(\frac{-t^2}{\sigma^2} - 1 \right) \frac{1}{\sigma^3 \sqrt{2\pi}} e^{\frac{-t^2}{2\sigma^2}} \quad (5.3)$$



รูปที่ 5.1 ภาพแสดงเส้นกราฟของสมการตัวกรองเกาส์เซียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการเกาส์เขียนเป็นสมการที่มีคุณสมบัติเป็นตัวกรอง โดยมีค่า สเกล-สเปซ เป็นตัวควบคุม คุณสมบัติการของการกรอง ถ้าค่า สเกล-สเปซ มีค่าน้อย ตัวกรองจะมีคุณสมบัติที่ยอมให้ความถี่สูง ผ่านไปได้ แต่ในทางตรงกันข้าม ค่าสเกล-สเปซ มีค่ามาก ตัวกรองก็จะมีคุณสมบัติเป็นตัวกวดความถี่สูง ดังที่ได้พิสูจน์ให้เห็น ซึ่งการประสาน (Convolution) เส้นขอบภาพ กับตัวกรองเกาส์เขียนนั้น จะใช้ สมการที่ (5.4) ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวถึงต่อมา

$$X(t, \sigma) = x(t) * g(t, \sigma)$$

$$Y(t, \sigma) = y(t) * g(t, \sigma) \quad (5.4)$$

เมื่อ $X(t)$ และ $Y(t)$ คือ ฟังก์ชันพารามตริกซ์ของเส้นขอบภาพ

สัญลักษณ์ * คือ การประสาน

จากผลการกรองเส้นขอบภาพ ได้แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติตัวกรองเกาส์เขียนที่มีผลต่อการ เปลี่ยนค่า สเกล-สเปซ ที่ค่าต่างๆกัน จะสังเกตเห็นได้ว่าส่วนเว้าและส่วนโค้งที่แท้จริงจะปรากฏอย่างเด่นชัด แม้ว่าจะทำการกรองเส้นขอบภาพด้วยตัวกรองแล้วก็ตาม ซึ่งเป็นเหตุผลที่สำคัญที่ถูกนำมาเป็นเงื่อนไขในการคำนวณหาจุดเด่นด้วยเทคนิคการเปลี่ยนค่า สเกล-สเปซ เพื่อคำนวณหาจุดเด่นที่มีเสถียรภาพ โดยอาศัยหลักการที่ว่า ส่วนเว้าและส่วนโค้งของเส้นขอบภาพเป็นคุณลักษณะเฉพาะตัวที่สามารถคำนวณเป็นค่าตัวเลขได้ด้วยสมการหาค่าความโค้ง และเป็นสิ่งกำหนดคุณลักษณะของ "จุดเด่น" ซึ่งส่วนเว้าและส่วนโค้งของเส้นขอบภาพที่สามารถนิยามให้เป็นจุดเด่นได้นั้น จะต้องเป็นส่วนเว้าและส่วนโค้งที่มีค่าความโค้งสูงเมื่อเทียบกับบริเวณข้างเคียง ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังที่เสนอ

2 สมการสำหรับหาค่าความโค้ง

สมการสำหรับการคำนวณหาค่าความโค้งที่มีฟังก์ชันเส้นโค้ง $y=f(x)$ ถูกนิยามไว้ดังนี้

$$k = \frac{\left| \frac{d^2 y}{dx^2} \right|}{\left(1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right)^{3/2}} \quad (5.5)$$

ในการทำงานเดียวกันฟังก์ชันโค้งในรูปสมการพาราเมตริกก็สามารถคำนวณได้เช่นเดียวกัน โดยมี t เป็นตัวแปรอิสระของสมการพาราเมตริก เมื่อกำหนดให้

$$x = x(t) \quad (5.6a)$$

$$y = y(t) \quad (5.6b)$$

ถ้า $P(t)$ เป็นเวกเตอร์ของจุดใดๆ ที่ปรากฏบนเส้นโค้งในรูปแบบสมการพาราเมตริก จะได้ว่า

$$P(t) = [x(t) \quad y(t)] \quad (5.7)$$

และอนุพันธ์ของ $P(t)$ สามารถหาได้จาก

$$P'(t) = \left[\begin{array}{c} x'(t) \\ y'(t) \end{array} \right] \quad (5.8)$$

ค่าความชันของเส้นโค้ง หาได้จากสมการ(5.9)

$$y' = \frac{y'(t)}{x'(t)} \quad (5.9)$$

และในการทำงานเดียวกัน อนุพันธ์อันดับที่สองของเส้นโค้ง $P(t)$ ก็สามารถหาได้เช่นเดียวกัน

เพราะฉะนั้น สมการสำหรับหาค่าความโค้งของเส้นโค้งที่อยู่ในรูปแบบสมการพาราเมตริก จึงสามารถคำนวณได้จาก

$$k = \frac{x(t)y''(t) - y(t)x''(t)}{\left((\dot{x}(t))^2 + (\dot{y}(t))^2 \right)^{3/2}} \quad (5.10)$$

สมการสำหรับหาค่าความโค้งที่แสดงในสมการที่ (5.10) เป็นสมการหาค่าความโค้งในรูปแบบพาราเมตริก ซึ่งเป็นสมการพื้นฐานที่จะถูกนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การประมวลผลเพื่อหาจุดเด่นของภาพ

5.2.1 การประสานเส้นขอบภาพด้วยตัวกรองเกาส์เซียน

การประสานเส้นขอบภาพด้วยตัวกรองเกาส์เซียนเป็นกระบวนการที่สำคัญ ที่จะถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการประมวลผลเพื่อหาจุดเด่นของเส้นขอบภาพ ดังนั้น จะกล่าวให้ทราบถึง วิธีการเก็บข้อมูลของเส้นขอบภาพ วิธีการกำหนดหน้าต่างของตัวกรองเกาส์เซียนสำหรับการประสาน ตลอดจนวิธีการประสานเส้นขอบภาพด้วยตัวกรองเกาส์เซียน ซึ่งที่กล่าวมาทั้งหมดจะทำการประมวลผลภายใต้หลักเกณฑ์การคำนวณทางคณิตศาสตร์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Mathematics)

1. วิธีการเก็บข้อมูลของเส้นขอบภาพ

เส้นขอบภาพที่ปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ จะถูกแทนด้วยจุดภาพหลายๆจุดวางเรียงต่อกัน จุดภาพเหล่านี้จะถูกเก็บตำแหน่งด้วยตัวเลขจำนวนเต็ม ดังนั้นการบอกตำแหน่งของจุดภาพบนเส้นขอบภาพจึงสามารถบอกแทนได้ด้วยฟังก์ชันแบบไม่ต่อเนื่อง $C=f(x,y)$ เมื่อ C คือ เส้นขอบภาพ และ x,y เป็นพิกัดในแนวแกน x และ y ของตำแหน่งจุดภาพบนเส้นขอบภาพตามลำดับ เพื่อให้สอดคล้องกับหลักเกณฑ์ การคำนวณทางคณิตศาสตร์และเหมาะกับการใช้งาน จึงเรียกฟังก์ชัน $f(x,y)$ ให้อยู่ในรูปสมการฟังก์ชันพารามตริก ได้คือ $C=(x(t),y(t))$ เมื่อ t แทนเส้นทางเดินของจุดภาพบนเส้นขอบภาพ

2. วิธีการกำหนดขนาดหน้าต่างของตัวกรองเกาส์เซียนสำหรับการประสาน

ตัวกรองเกาส์เซียนที่แสดงในสมการที่ (5.1) เป็นฟังก์ชันต่อเนื่อง แต่ข้อมูลที่จะใช้ในการประมวลผลร่วมกับตัวกรองเกาส์เซียน คือเส้นขอบภาพ ซึ่งเป็นข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง ดังนั้น ตัวกรองเกาส์เซียนจึงต้องถูกแซมปลิง (Sampling) ให้เป็นฟังก์ชันแบบไม่ต่อเนื่องด้วย ดังแสดงในภาพ เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผล ซึ่งโดยทั่วไปแล้วขนาดของหน้าต่างสำหรับเก็บค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกรองเกาส์เซียนจะถูกกำหนดด้วยจำนวนแซมปลิง $2N+1$

3.วิธีการประสานเส้นขอบภาพด้วยตัวกรองเกาส์เซียน

การประสานเส้นขอบภาพด้วยตัวกรองเกาส์เซียน ซึ่งเป็นวิธีการประสาน โดยข้อมูลที่น่าสนใจประสานนั้นเป็นเส้นขอบภาพของวัตถุ ซึ่งถูกเก็บตำแหน่งของจุดภาพไว้ในรูปแบบฟังก์ชันพารามเมตริก $C=(x(t), y(t))$ โดยมีตัวแปร t แทนตำแหน่งเส้นทางเดินของจุดภาพ ส่วนตัวกรองเกาส์เซียนจะถูกแชมปลิงโดยมีขนาดหน้าต่างสำหรับเก็บค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกรองเกาส์เซียนเท่ากับ $2N+1$ และการแชมปลิงจะทำการแชมปลิงตัวเลขจำนวนเต็ม เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลเส้นขอบภาพ ผลที่ได้จากการประสานก็คือ ค่า $X(t, \sigma)$ และ $Y(t, \sigma)$ ซึ่งจะถูกนำไปประมวลผลหาค่าความโค้งในขั้นต่อไป

5.2.2 การคำนวณหาค่าความโค้งด้วยการเปลี่ยนค่า สเกล-สเปซ ของตัวกรองเกาส์เซียน

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ค่าความโค้ง เป็นสิ่งกำหนด “จุดเด่น” ที่ปรากฏบนเส้นขอบภาพ โดยจุดที่มีค่าความโค้งสูงเท่านั้นจึงจะสามารถกำหนดให้เป็นจุดเด่นได้ ดังนั้น ในลำดับขั้นตอนต่อไป จะเป็นการนำเสนอวิธีการคำนวณหาค่าความโค้งเพื่อกำหนดเป็นจุดเด่นด้วยเทคนิคการเปลี่ยนค่า สเกล-สเปซ ของตัวกรองเกาส์เซียน

เมื่อพิจารณาสมการที่ 5.10 จะพบว่าสมการดังกล่าวเป็นสมการหาค่าความโค้งโดยปราศจากตัวแปร สเกล-สเปซ ของตัวกรองเกาส์เซียน ซึ่งยังไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ของการคำนวณหาค่าความโค้งด้วยการเปลี่ยนค่า สเกล-สเปซ ของตัวกรองเกาส์เซียน ดังนั้นเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว ฟังก์ชันพารามเมตริก ฟังก์ชัน $X(t)$ ฟังก์ชัน $Y(t)$ จึงถูกประสานกับตัวกรองเกาส์เซียน และสามารถเขียนสมการหาค่าความโค้งได้ดังนี้

$$\dot{X}(t, \sigma) = x(t) * g(t, \sigma) \quad (5.11)$$

$$\ddot{X}(t, \sigma) = x(t) * \ddot{g}(t, \sigma) \quad (5.12)$$

ดังนั้น ค่าความโค้งจึงสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$K(t, \sigma) = \frac{\dot{X}(t, \sigma)\ddot{Y}(t, \sigma) - \dot{Y}(t, \sigma)\dot{X}(t, \sigma)}{\left((\dot{X}(t, \sigma))^2 + (\dot{Y}(t, \sigma))^2 \right)^{3/2}} \quad (5.13)$$

5.2.3 สเกล-สเปซ อิมเมจ

สเกล-สเปซ อิมเมจ คือ การแสดงของจุดบนเส้นขอบภาพในระนาบ (t, σ) เมื่อ t คือ เส้นทางการเดินของเส้นขอบภาพ และ σ คือ สเกล-สเปซ สามารถนำมาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ เพื่อดูพฤติกรรมเคลื่อนที่ของจุดเด่นที่ปรากฏบนเส้นขอบภาพของภาพวัตถุนั้นๆ ว่ามีการเคลื่อนที่ของจุดเป็นอย่างไร ซึ่งโดยพฤติกรรมของสเกล-สเปซ เมื่อมีการเพิ่มของ สเกล-สเปซ ให้มีค่าเพิ่มมากขึ้น จะทำให้จำนวนของจุดเด่นที่ปรากฏบนเส้นขอบภาพมีจำนวนลดลง

5.2.4 การตรึงจุดเด่นให้คงที่โดยการใช้ซอฟต์แวร์

การตรึงจุดเด่นให้คงที่โดยการใช้ซอฟต์แวร์ เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่น่ามาใช้แก้ปัญหาการเคลื่อนที่ของจุดเด่น โดยอาศัยทฤษฎีของ สเกล-สเปซ อิมเมจ มาควบคุมการทำงานในแต่ละครั้งของการเปลี่ยนค่า ซึ่งหลักการทำงานของ การตรึงจุดเด่นให้คงที่โดยการใช้ซอฟต์แวร์ คือ ความพยายามที่จะเลื่อนตำแหน่งของจุดเด่นที่มีค่า สเกล-สเปซ ที่สูงกว่า ไปยังตำแหน่งของจุดเด่นที่มีค่า สเกล-สเปซ ต่ำกว่า ในการคำนวณหาจุดเด่นในแต่ละค่าของ สเกล-สเปซ โดยในสถานะเริ่มต้นของการทำงาน จะกำหนดค่า สเกล-สเปซ ต่ำๆ เพื่อเป็นตำแหน่งอ้างอิงสำหรับค่า สเกล-สเปซ ที่สูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่งของจุดเด่นที่เกิดบนเส้นขอบภาพนั้น จะมีความเที่ยงตรงสูงในกรณีที่ค่า สเกล-สเปซ มีค่า ต่ำๆ

บทที่ 6

ขั้นตอนการทำงานและผลการทดลอง

ในการประมวลผลเพื่อหาจุดเด่นของวัตถุนั้น จะเริ่มจากการจับภาพของวัตถุที่จะนำมาประมวลผลโดยใช้กล้องดิจิทัล โดยเราจะทำการ Capture ภาพมาเป็นภาพนิ่งโดยเก็บอยู่ในรูปของ Bitmap File (*.bmp) เนื่องจากภาพที่ได้นั้นเป็นภาพสีซึ่งกินความจำเป็นในการประมวลผล และเพื่อเป็นการง่ายในการประมวลผลเรจึงนำภาพมาแปลงให้อยู่ในรูปของระดับเทา (Gray Level) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-255 ระดับเทา (256 ค่า)

ในขั้นต่อไปคือการประมวลผลเพื่อหาขอบของภาพวัตถุเพื่อลดรายละเอียดของภาพลงเหลือเฉพาะส่วนที่เราจะพิจารณาเพื่อการหาจุดเด่นของเส้นขอบภาพต่อไป ในส่วนนี้เราจะใช้วิธีการหาขอบภาพด้วยวิธี SOBEL โดยมีหลักการคือจะใช้วินโดวส์ขนาด 3×3 เป็นขอบเขตในการหาความแตกต่างของข้อมูลภาพภายในวินโดวส์นี้ โดยความแตกต่างของข้อมูลภาพหมายถึงจะให้ความสนใจกับความแตกต่างที่เกิดจากการเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีดำ หรือ จากสีดำเป็นสีขาวของข้อมูลภาพ บริเวณนั้นก็จะได้ขอบของข้อมูลภาพออกมา ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว การหาขอบภาพโดยวิธีของ SOBEL นี้ จะแยกการหาขอบภาพเป็นสองทิศทาง คือ การหาขอบภาพทางแนวนอน และการหาขอบภาพทางแนวตั้ง ซึ่งการหาขอบภาพทั้งสองทิศทางจะมี ค่าประจำตำแหน่งของแต่ละช่องของวินโดวส์ที่ใช้ในการพิจารณาดังนี้

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

รูปที่ 6.1 การหาขอบทางแนวตั้ง

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

รูปที่ 6.2 การหาขอบทางแนวนอน

โดยการเลื่อนวินโดวส์มากระทำกับแต่ละจุดภาพโดยใช้สมการดังนี้

สมการหาขอบทางแนวนอน

$$S(x,y) = \left| -S(x-1,y-1)-2S(x,y-1)-S(x+1,y-1)+S(x-1,y+1)+2S(x,y+1)+S(x+1,y+1) \right|$$

สมการหาขอบทางแนวตั้ง

$$S(x,y) = \left| S(x-1,y-1)+2S(x-1,y)+S(x-1,y+1)-S(x+1,y-1)-2S(x+1,y)-S(x+1,y+1) \right|$$

เมื่อ x คือพิกัดทางแนวนอนของภาพ

y คือพิกัดทางแนวตั้งของภาพ

เราจะเลื่อนวินโดวส์จากมุมบนซ้ายของภาพไปทางขวาและบนลงล่างกระทำกับทุกจุดภาพก็จะได้เส้นของขอบภาพออกมาโดยในขั้นตอนนี้เราให้เส้นของขอบภาพเป็นสีขาวส่วนอื่นเป็นสีดำ

ในขั้นตอนต่อไปเราต้องการจะหาแนวเส้นทางของเส้นขอบของวัตถุซึ่งเรียกว่าการทำ EDGE FOLLOWER โดยมีวิธีการ โดยการเช็คจุดภาพทีละจุดภาพ (Pixel) จากมุมบนซ้ายไปทางขวาและบนลงล่างโดยเมื่อเจอจุดแรกที่เป็นจุดสีขาวก็จะบันทึกค่าจุดนี้เป็นจุดเริ่มต้นและไล่เช็คจุดต่อไปโดยมีเงื่อนไขดังนี้

1. ถ้าจุดที่อยู่ปัจจุบันเป็นจุดสีขาวให้เลี้ยวซ้ายแล้วไปยังจุดถัดไปและมาร์คจุดนี้ไว้และเก็บตำแหน่งจุดนี้ไว้
2. ถ้าจุดที่อยู่ปัจจุบันเป็นจุดสีดำให้เลี้ยวขวาแล้วไปยังจุดถัดไปโดยไม่มาร์คจุด
3. การเคลื่อนที่ที่จะสิ้นสุดเมื่อจุดที่อยู่ปัจจุบันเป็นจุดเดียวกับจุดเริ่มต้น

หลังจากนี้เราจะทำการ Save ตำแหน่งจุดของเส้นขอบภาพที่เราไล่ได้ลงเป็น File ที่อยู่ในรูปของ Matrix โดยมีขนาดเท่ากับ $L \times 2$ เมื่อ L คือจำนวนจุดทั้งหมดบนเส้นรอบรูปของวัตถุ

เราจะใช้ Matlab มาใช้ในการคำนวณหาค่าความโค้งของเส้นขอบของวัตถุที่ได้มาโดยดึงข้อมูลจุดภาพจาก File ที่ Save ไว้ออกมาในรูปของสมการพาราเมตริกดังนี้

$$C=\{x(t),y(t)\}$$

$$\text{เมื่อ } t=1,2,3,\dots,L$$

L คือจำนวนจุดทั้งหมดบนเส้นรอบรูปของวัตถุ

$x(t)$ คือตำแหน่งพิกัดทางแกน x ที่ t ใดๆ

$y(t)$ คือตำแหน่งพิกัดทางแกน y ที่ t ใดๆ

การหาค่าความโค้ง K บนเส้นโค้งที่จุด P ใดๆสามารถหาได้จากอัตราการเปลี่ยนความลาดเอียงมุม θ ของเส้นสัมผัสที่จุด P นั้นกับความห่างระหว่าง t จะได้

$$K = \frac{d\theta}{dt}$$

K สามารถแยกแสดงในเทอมของฟังก์ชัน $x(t)$ และ $y(t)$ ดังสมการ

$$y' = \frac{dy}{dx}, y'' = \frac{d^2y}{dx^2}$$

ดังนั้น

$$K = \frac{y''}{(1 + (y')^2)^{3/2}}$$

แต่เส้นโค้งนี้เป็นฟังก์ชันที่ขึ้นอยู่กับตัวแปร t ดังนั้น y' และ y'' สามารถแสดงในเทอมดิฟเฟอเรนเชียลอันดับที่ 1 และที่ 2 ของ $x(t)$ และ $y(t)$ ได้ดังนี้

$$\dot{x} = \frac{dx}{dt}, \ddot{x} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$\dot{y} = \frac{dy}{dt}, \ddot{y} = \frac{d^2y}{dt^2}$$

เมื่อ

$$y' = \frac{\dot{y}}{\dot{x}}, y'' = \frac{\ddot{y}\dot{x} - \dot{y}\ddot{x}}{\dot{x}^3}$$

และ

$$K = \frac{\ddot{y}\dot{x} - \dot{y}\ddot{x}}{(\dot{x}^2 + \dot{y}^2)^{3/2}}$$

ก่อนการหาค่าความโค้ง จะใช้การคอนโวลูชัน $x(t)$ และ $y(t)$ ด้วยตัวกรองเกาส์เซียนขนาด 1 มิติ สำหรับสมการของตัวกรองเกาส์เซียนคือ

$$g(t, w) = \frac{1}{w\sqrt{2\pi}} \exp(-t^2 / 2w^2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ w คือ ความกว้างของตัวกรอง ดังนั้น เมื่อนำตัวกรองแบบเกาส์เซียนมาทำการคอนโวลูชันกับ $x(t)$ และ $y(t)$ จะได้สมการดังนี้

$$X(t, w) = x(t) * g(t, w)$$

$$X(t, w) = \int_{-\infty}^{\infty} x(u) \frac{1}{w\sqrt{2\pi}} \exp[-(t-u)^2 / 2w^2] du$$

เมื่อ * คือการคอนโวลูชัน ในทำนองเดียวกัน

$$Y(t, w) = y(t) * g(t, w)$$

$$Y(t, w) = \int_{-\infty}^{\infty} y(u) \frac{1}{w\sqrt{2\pi}} \exp[-(t-u)^2 / 2w^2] du$$

ในการหาค่าความโค้งตลอดเส้นขอบของวัตถุ สามารถคำนวณหลังจาก $x(t)$ และ $y(t)$ ผ่านการกรองให้เรียบโดยตัวกรองเกาส์เซียนแล้ว

$$K = \frac{\dot{X}\ddot{Y} - \dot{Y}\ddot{X}}{(\dot{X}^2 + \dot{Y}^2)^{3/2}}$$

จาก

$$g(t, w) = \frac{1}{w\sqrt{2\pi}} \exp(-t^2 / 2w^2)$$

เมื่อนำมาหาค่าดิฟเฟอเรนเชียลอันดับที่ 1 และอันดับที่ 2 จะได้

$$g'(t, w) = \frac{-t}{w^2\sqrt{2\pi}} \exp(-t^2 / 2w^2)$$

และ

$$g''(t, w) = \left[\frac{t^2}{w^2} - 1 \right] \left[\frac{1}{w^2\sqrt{2\pi}} \right] \exp(-t^2 / 2w^2)$$

และจะได้

$$\dot{X}(t, w) = x(t) * g'(t, w)$$

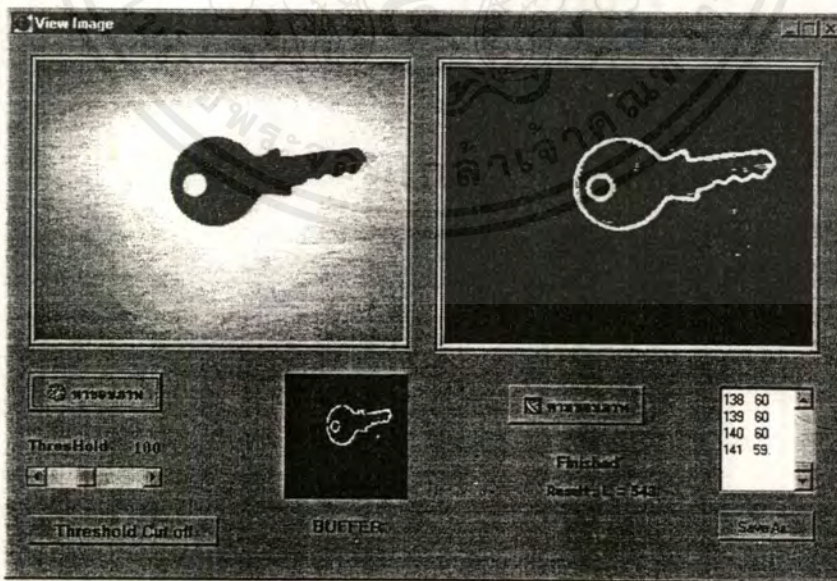
$$\ddot{X}(t, w) = x(t) * g''(t, w)$$

เมื่อคำนวณหาค่าความโค้งหรือค่า K ออกมาแล้ว จากนั้นก็จะหาค่าความโค้งที่มีค่าสูงๆทั้งทางด้านบวกและด้านลบซึ่งก็คือจุดที่มีการหักเข้าหรือหักออกของเส้นขอบภาพวัตถุหรือเรียกว่าเป็นจุดเด่นของภาพซึ่งมีประโยชน์ในการสอนให้คอมพิวเตอร์รับรู้หรือจดจำวัตถุที่มีรูปร่างต่างกันได้

$$\dot{Y}(t, w) = y(t) * g'(t, w)$$

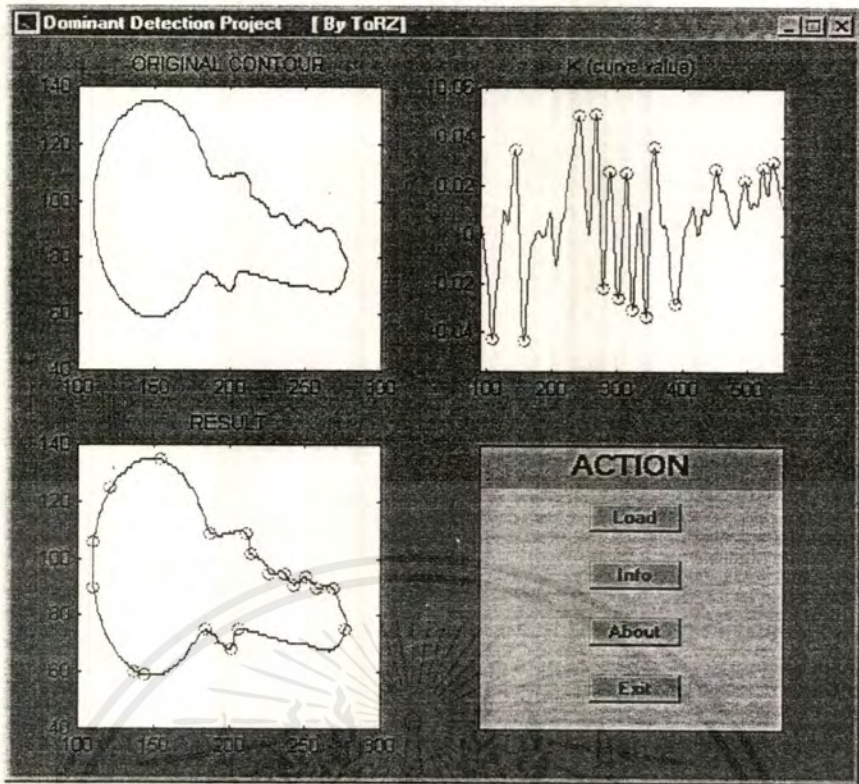
$$\ddot{Y}(t, w) = y(t) * g''(t, w)$$

จากการทดลองศึกษาในเรื่องการหาจุดเด่นนี้เราได้เขียน โปรแกรมส่วนที่ติดต่อกับกล้องโดยใช้ DELPHI เมื่อนำกล้องไปจับภาพวัตถุก็จะเก็บภาพออกมาเป็นภาพนิ่งและทำการคำนวณหาขอบภาพและทำ EDGE FOLLOW เก็บเส้นทางของเส้นขอบภาพมาอยู่ในรูปของ ASCII File ซึ่งสามารถใช้ MATLAB อ่านข้อมูลได้ในส่วนของ MATLAB ก็จะนำเส้นขอบภาพนี้มาคำนวณหาค่าความโค้งและเลือกมาร์คเฉพาะจุดที่มีค่าความชันสูงๆซึ่งนั่นคือส่วนของจุดเด่นของภาพ



รูปที่ 6.3 แสดง โปรแกรมหาขอบภาพและไล่ขอบของวัตถุ

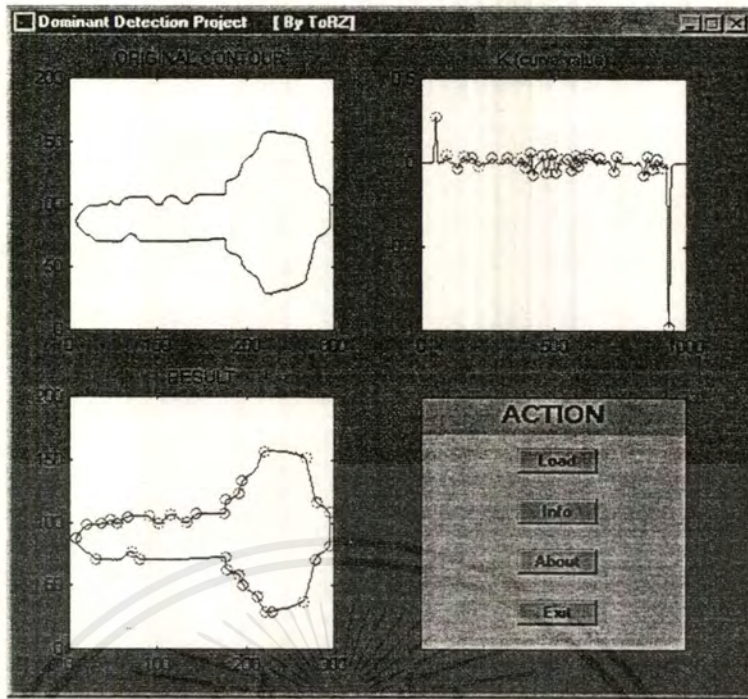
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



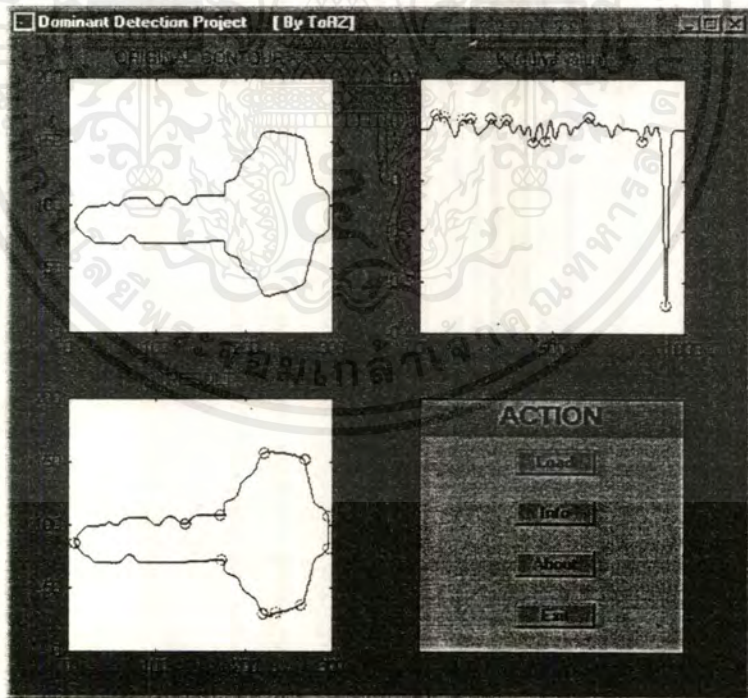
รูปที่ 6.4 แสดงโปรแกรมที่ใช้หาจุดเด่นของเส้นขอบภาพของวัตถุ



รูปที่ 6.5 แสดงภาพกุญแจที่ Capture มาจากกล้องดิจิทัล



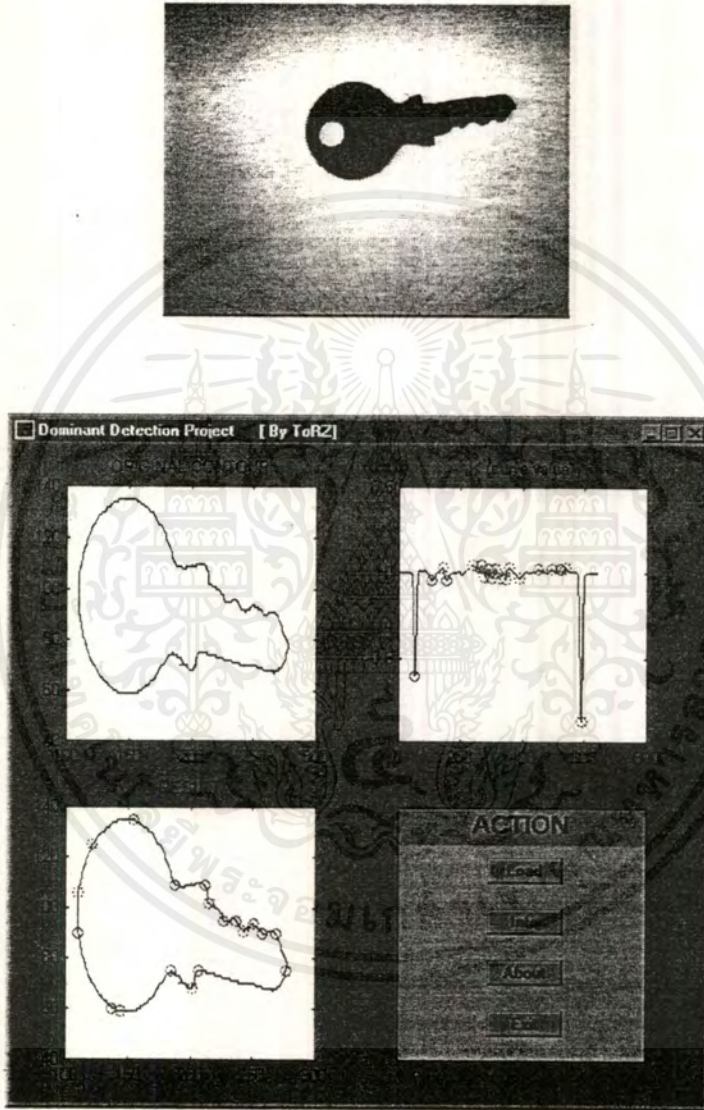
รูปที่ 6.6 แสดงภาพจุดเด่นที่หาได้จากรูปกุญแจโดยใช้ค่า $W=5$



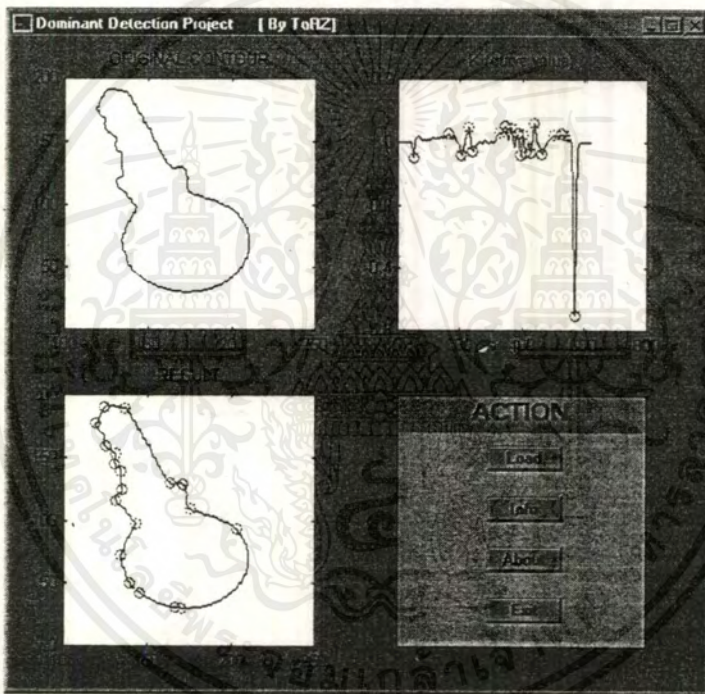
รูปที่ 6.7 แสดงภาพจุดเด่นที่หาได้จากรูปกุญแจโดยใช้ค่า $W=10$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 6.6 และรูปที่ 6.7 แสดงความแตกต่างของจำนวนจุดเด่นของเส้นขอบภาพที่หาได้เมื่อกำหนดค่า W หรือค่า scale-space ต่างกันจะเห็นว่าที่ค่า W ยิ่งมากขึ้นค่าจุดเด่นที่หาได้จะน้อยลงเนื่องจากเส้นของขอบภาพถูกรองได้เรียบมากขึ้นนั่นเอง

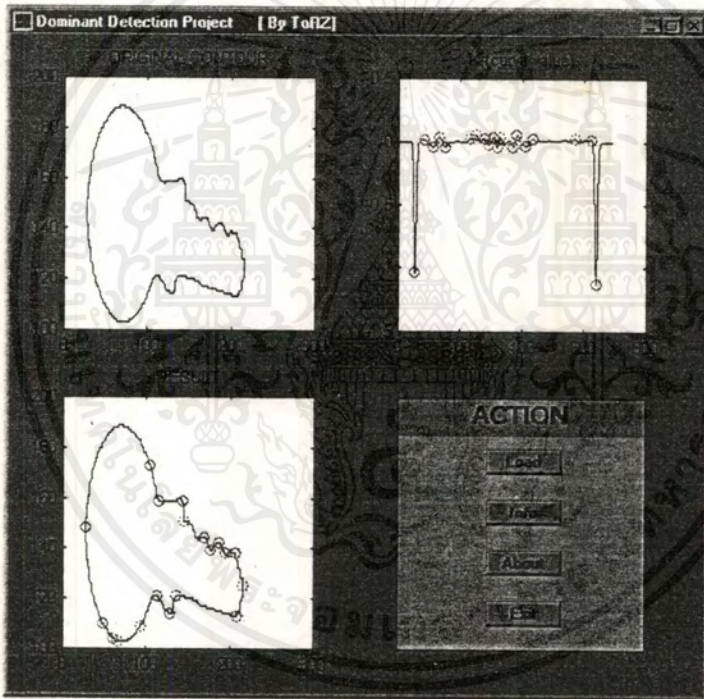


รูปที่ 6.8 แสดงจำนวนของค่าจุดเด่นที่หาได้จากภาพของลูกกุญแจ



รูปที่ 6.9 แสดงจำนวนจุดเด่นที่หาได้เมื่อทำการหมุนภาพของลูกกุญแจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.10 แสดงจำนวนจุดเด่นที่หาได้เมื่อขนาดของลูกกุญแจเปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดเด่นของวิธีการหาค่าความโค้งจากตัวกรองเกาส์เซียนคือจำนวนจุดเด่นจะไม่แปรตามการเปลี่ยนแปลงของวัตถุหรือมีการย่อหรือขยายภาพวัตถุคงจะเห็นจากรูปที่ 6.8 – 6.10

ในการหาจุดเด่นของเส้นขอบภาพด้วยวิธีหาค่าความโค้งจากตัวกรองเกาส์เซียนนี้มีข้อจำกัดอยู่ที่ว่า สามารถนำไปใช้ได้เฉพาะในรูปวัตถุที่มีเส้นรอบรูปเป็นวงปิดเท่านั้น หากต้องการที่จะนำไปหาลักษณะเด่นของภาพที่ไม่ได้มีเส้นรอบรูปเป็นวงปิด เช่น ตัวหนังสือ จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขอีกมาก แต่อย่างไรก็ตามการหาจุดเด่นที่ได้จากการหาค่าความโค้งจากตัวกรองเกาส์เซียนนี้มีความถูกต้องสูงถ้าเลือกค่า σ ที่เหมาะสมกับงานหรือรูปทรงของวัตถุ ซึ่งสามารถจะนำจุดเด่นที่ได้นี้ไปใช้เป็นฐานข้อมูลเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถจดจำวัตถุได้



บทที่ 7

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนำภาพวัตถุมาหาจุดเด่นจะพบว่า การหาจุดเด่นของขอบภาพวัตถุด้วยวิธีการตัวกรองเกาส์เซียนจะมีข้อดีคือจำนวนของจุดเด่นที่หาได้จะไม่แปรตามการเปลี่ยนแปลงมุมของวัตถุ หรือขนาดของวัตถุซึ่งหมายถึงระยะห่างระหว่างกล้องกับวัตถุ และจำนวนของจุดเด่นที่หาได้จะแปรตามค่า Scale-Space ของตัวกรองเกาส์เซียน คือถ้าค่า Scale-Space มีค่ามากตัวกรองเกาส์เซียนก็จะกรองเส้นของขอบภาพได้เรียบมากขึ้นส่งผลให้จำนวนจุดเด่นมีค่าลดลง และในทางกลับกันคือถ้าค่า Scale-Space มีค่าน้อยก็จะทำให้หาค่าจุดเด่นได้มาก

ในการหาจุดเด่นของเส้นขอบภาพด้วยวิธีหาค่าความโค้งจากตัวกรองเกาส์เซียนนี้มีข้อจำกัดอยู่ที่ว่า สามารถนำไปใช้ได้เฉพาะในรูปวัตถุที่มีเส้นรอบรูปเป็นวงปิดเท่านั้น หากต้องการที่จะนำไปหาลักษณะเด่นของภาพที่ไม่ได้มีเส้นรอบรูปเป็นวงปิด เช่น ตัวหนังสือ จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขอีกมาก แต่อย่างไรก็ตามการหาจุดเด่นที่ได้จากการหาค่าความโค้งจากตัวกรองเกาส์เซียนนี้มีความถูกต้องสูงถ้าเลือกค่า Scale-Space ที่เหมาะสมกับงานหรือรูปทรงของวัตถุ ซึ่งสามารถจะนำจุดเด่นที่ได้นี้ไปใช้เป็นฐานข้อมูลเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถจดจำวัตถุได้ต่อไป

ภาคผนวก

Source ของไฟล์ project.m

```
function project()
```

```
% This is the machine-generated representation of a Handle Graphics object
```

```
% and its children. Note that handle values may change when these objects
```

```
% are re-created. This may cause problems with any callbacks written to
```

```
% depend on the value of the handle at the time the object was saved.
```

```
%
```

```
% To reopen this object, just type the name of the M-file at the MATLAB
```

```
% prompt. The M-file and its associated MAT-file must be on your path.
```

```
global H
```

```
load project
```

```
a = figure('Units','points', ...
```

```
'Color',[0.4 0.6 0.8], ...
```

```
'Colormap',mat0, ...
```

```
'MenuBar','none', ...
```

```
'Name','Dominant Detection Project [ By ToRZ]', ...
```

```
'NumberTitle','off', ...
```

```
'PointerShapeCData',mat1, ...
```

```
'Position',[87.75 28.5 417 388.5], ...
```

```
'RendererMode','manual', ...
```

```
'Resize','off', ...
```

```
'Tag','Fig1');
```

```
H.axel = axes('Parent',a, ...
```

```
'Units','points', ...
```

```
'CameraUpVector',[0 1 0], ...
```

```
'CameraUpVectorMode','manual', ...
```

```
'Color',[1 1 1], ...
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

'ColorOrder',mat2, ...
'PlotBoxAspectRatioMode','manual', ...
'Position',[32.25 213.75 150 150], ...
'Tag','Axes1', ...
'WarpToFill','off', ...
'WarpToFillMode','manual', ...
'XColor',[0 0 0], ...
'YColor',[0 0 0], ...
'ZColor',[0 0 0]);
c = text('Parent',H.axe1, ...
'Color',[0 0 0], ...
'HandleVisibility','callback', ...
'HorizontalAlignment','center', ...
'Position',[0.497487 -0.120603 0], ...
'Tag','Axes1Text4', ...
'VerticalAlignment','cap');
set(get(c,'Parent'),'XLabel',c);
c = text('Parent',H.axe1, ...
'Color',[0 0 0], ...
'HandleVisibility','callback', ...
'HorizontalAlignment','center', ...
'Position',[-0.145729 0.492462 0], ...
'Rotation',90, ...
'Tag','Axes1Text3', ...
'VerticalAlignment','baseline');
set(get(c,'Parent'),'YLabel',c);
c = text('Parent',H.axe1, ...
'Color',[0 0 0], ...
'HandleVisibility','callback', ...
'HorizontalAlignment','right', ...

```

เอกสารนี้เป็น Position,[-0.221106 1.1608 0], ... เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    'Tag','Axes1Text2', ...
    'Visible','off');
set(get(c,'Parent'),'ZLabel',c);
c = text('Parent',H.axe1, ...
    'Color',[0 0 0], ...
    'HandleVisibility','callback', ...
    'HorizontalAlignment','center', ...
    'Position',[0.497487 1.03518 0], ...
    'Tag','Axes1Text1', ...
    'VerticalAlignment','bottom');
set(get(c,'Parent'),'Title',c);
H.axe2 = axes('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'CameraUpVector',[0 1 0], ...
    'CameraUpVectorMode','manual', ...
    'Color',[1 1 1], ...
    'ColorOrder',mat3, ...
    'PlotBoxAspectRatioMode','manual', ...
    'Position',[32.25 25.125 150 150], ...
    'Tag','Axes2', ...
    'WarpToFill','off', ...
    'WarpToFillMode','manual', ...
    'XColor',[0 0 0], ...
    'YColor',[0 0 0], ...
    'ZColor',[0 0 0]);
c = text('Parent',H.axe2, ...
    'Color',[0 0 0], ...
    'HandleVisibility','callback', ...
    'HorizontalAlignment','center', ...
    'Position',[0.497487 -0.120603 0], ...

```

```
'VerticalAlignment','cap');
set(get(c,'Parent'),'XLabel',c);
c = text('Parent',H.axe2, ...
    'Color',[0 0 0], ...
    'HandleVisibility','callback', ...
    'HorizontalAlignment','center', ...
    'Position',[-0.145729 0.492462 0], ...
    'Rotation',90, ...
    'Tag','Axes2Text3', ...
    'VerticalAlignment','baseline');
```

```
set(get(c,'Parent'),'YLabel',c);
c = text('Parent',H.axe2, ...
    'Color',[0 0 0], ...
    'HandleVisibility','callback', ...
    'HorizontalAlignment','right', ...
    'Position',[-0.221106 2.42211 0], ...
    'Tag','Axes2Text2', ...
    'Visible','off');
```

```
set(get(c,'Parent'),'ZLabel',c);
c = text('Parent',H.axe2, ...
    'Color',[0 0 0], ...
    'HandleVisibility','callback', ...
    'HorizontalAlignment','center', ...
    'Position',[0.497487 1.03518 0], ...
    'Tag','Axes2Text1', ...
    'VerticalAlignment','bottom');
```

```
set(get(c,'Parent'),'Title',c);
```

```
H.axe3 = axes('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'CameraUpVector',[0 1 0], ...
    'CameraUpVectorMode','manual', ...
```

```

'Color',[1 1 1], ...
'ColorOrder',mat4, ...
'PlotBoxAspectRatioMode','manual', ...
'Position',[231.75 213.75 150 150], ...
'Tag','Axes3', ...
'WarpToFill','off', ...
'WarpToFillMode','manual', ...
'XColor',[0 0 0], ...
'YColor',[0 0 0], ...
'ZColor',[0 0 0]);
c = text('Parent',H.axe3, ...
'Color',[0 0 0], ...
'HandleVisibility','callback', ...
'HorizontalAlignment','center', ...
'Position',[0.497487 -0.120603 0], ...
'Tag','Axes3Text4', ...
'VerticalAlignment','cap');
set(get(c,'Parent'),'XLabel',c);
c = text('Parent',H.axe3, ...
'Color',[0 0 0], ...
'HandleVisibility','callback', ...
'HorizontalAlignment','center', ...
'Position',[-0.145729 0.492462 0], ...
'Rotation',90, ...
'Tag','Axes3Text3', ...
'VerticalAlignment','baseline');
set(get(c,'Parent'),'YLabel',c);
c = text('Parent',H.axe3, ...
'Color',[0 0 0], ...
'HandleVisibility','callback', ...

```

```

'Position',[-1.55779 1.1608 0], ...
'Tag','Axes3Text2', ...
'Visible','off');
set(get(c,'Parent'),'ZLabel',c);
c = text('Parent',H.axe3, ...
'Color',[0 0 0], ...
'HandleVisibility','callback', ...
'HorizontalAlignment','center', ...
'Position',[0.497487 1.03518 0], ...
'Tag','Axes3Text1', ...
'VerticalAlignment','bottom');
set(get(c,'Parent'),'Title',c);
b = uicontrol('Parent',a, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[0.721569 0.768627 0.878431], ...
'Position',[231.75 25.125 150 150], ...
'Style','frame', ...
'Tag','Frame1');
b = uicontrol('Parent',a, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[0.9 0.6 0], ...
'FontSize',14, ...
'FontWeight','demi', ...
'Position',[232.5 153 148.5 21.75], ...
'String','ACTION', ...
'Style','text', ...
'Tag','StaticText1');
b = uicontrol('Parent',a, ...
'Units','points', ...
'Callback','proj_fn("load")', ...

```

'Position',[286.5 130.5 45 15], ...

'String','Load', ...

'Tag','Pushbutton1');

b = uicontrol('Parent',a, ...

'Units','points', ...

'FontWeight','demi', ...

'Position',[286.5 100.5 45 15], ...

'String','Info', ...

'Tag','Pushbutton2');

b = uicontrol('Parent',a, ...

'Units','points', ...

'Callback','proj_dlg', ...

'FontWeight','demi', ...

'Position',[286.5 70.5 45 15], ...

'String','About', ...

'Tag','Pushbutton3');

b = uicontrol('Parent',a, ...

'Units','points', ...

'Callback','closereq', ...

'FontWeight','demi', ...

'Position',[286.5 40.5 45 15], ...

'String','Exit', ...

'Tag','Pushbutton4');

Source ของ ไฟล์ proj_fn.m

```
function proj_fn(action)
```

```
%=====
```

```
====%
```

```
%This program use for determine dominant point of contour around object. %
```

```
%It's use for object recognition. %
```

```
% program by WARAWUT
```

```
ARUNRATANACHAI 3R/1 39013173 %
```

```
%=====
```

```
====%
```

```
global H
```

```
%Make mask=====
```

```
count=1;
```

```
w=5
```

```
for t=-50:50
```

```
g(count,1)=(-t*exp((-t^2)/(2*w^2)))/(w^3*sqrt(2*pi));
```

```
gg(count,1)=((t^2/w^2)-1)*(1/(w^3*sqrt(2*pi)))*exp((-t^2)/(2*w^2));
```

```
count=count+1;
```

```
end
```

```
%=====
```

```
%prepare contour data form file=====
```

```
load p1.dat;
```

```
x=p1(:,1);
```

```
y=p1(:,2);
```

```
%=====
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%action when user click 'Load' button
```

```
if strcmp(action,'load')
```

```
%calculate useful value=====
```

```
xx=conv(x,g);
```

```
yy=conv(y,g);
```

```
xxx=conv(x,gg);
```

```
yyy=conv(y,gg);
```

```
t1=(xx.*yyy)-(yy.*xxx);
```

```
t2=sqrt(((xx.^2)+(yy.^2)).^3);
```

```
%K=((xx.*yyy)-(yy.*xxx))/(sqrt(((xx.^2)+(yy.^2)).^3));
```

```
%=====
```

```
%Plot result section
```

```
axes(H.axe1),...
```

```
plot(x,y),...
```

```
title('ORIGINAL CONTOUR');
```

```
axes(H.axe2),...
```

```
plot(x,y),...
```

```
title('RESULT'),...
```

```
hold on;
```

```
axes(H.axe3),...
```

```
plot(t1);
```

```
title('K (curve value)');
```

```
hold on;
```

```
%Mark the dominant point section=====
```

```
s=size(t1);
```

```
s=s(1,1);เอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
```

```
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
```

```

for i=2:s-1
    if (t1(i,1)>t1(i-1,1)) & (t1(i,1)>t1(i+1,1)) & (t1(i,1)>.02)
        axes(H.axe3),...
        plot(i,t1(i,1),'RO');
        axes(H.axe2),...
        plot(x(i-50,1),y(i-50,1),'RO');
    end
    if (t1(i,1)<t1(i-1,1)) & (t1(i,1)<t1(i+1,1)) & (t1(i,1)<-.02)
        axes(H.axe3),...
        plot(i,t1(i,1),'RO');
        axes(H.axe2),...
        plot(x(i-50,1),y(i-50,1),'RO');
    end
end
end
%=====
=
zoom on;
end

```

บรรณานุกรม

1. Maher A. Sid-Ahmed, " Image Processing ", McGraw-Hill. 83 p. 1995
2. William K. Pratt, "Edge detection", "Digital image processing", Second Edition, 91 p.1991
3. ผศ.น.พ.ดร. สุธรรม ศรีเกษม , น.ต เมธินทร์ ทรงชัยกุล , ร.อ. สง่า ศรีสุภปริดา , "MATLAB เพื่อการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม" , 2521



กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา คอยดูแลเอาใจใส่และห่วงใยตลอดมาจนการทำงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.มนัส สัจวารศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาของข้าพเจ้า และอาจารย์หลายท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ทั้งทางด้านความรู้ อุปกรณ์ในการทำงาน รวมทั้งคำปรึกษา และแนะนำแนวทางการทำโครงการวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือ ในการทำงานครั้งนี้มาโดยตลอด

